



REVISTA
LATINOAMERICANA
DE HERPETOLOGÍA

ANFIBIOS Y REPTILES: DIVERSIDAD E HISTORIA NATURAL
VOLUMEN 08 NÚMERO 01 ENERO-MARZO 2025 ISSN: 2594-2158

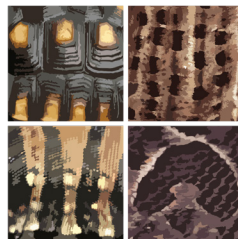




Es una publicación con el apoyo de



Asociación Herpetológica Argentina



SBH
SOCIEDADE BRASILEIRA DE
HERPETOLOGIA



ACH Asociación Colombiana de Herpetología
Herpetología



Scientific Electronic Library Online



ISSN: 2594-2158 Volumen 08, Número 01, Enero-Marzo 2025

Foto de portada: *Pristimantis museosus* de Alto Urén, Limón, Costa Rica.

Foto: Stanley Salazar.

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

Contacto: revista.latin.herpetologia@gmail.com

Revista Latinoamericana de Herpetología, año 8, no. 1, enero-marzo 2025, 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, Leticia Margarita Ochoa Ochoa, Departamento de Biología Evolutiva, 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)

Coordinador Editorial

César A. Ríos Muñoz

English Style Corrector

Brett Butler

Diseño Editorial

Andrea Vargas Fernández

Eugenio Froylan Rascón León

Ana Paola Gómez Gómez

Carlos Antonio Rueda Escobedo

Nadia Berenice Amaya González

Angel Lenny Ayala Leyva

Leticia M. Ochoa Ochoa

COMITÉ EDITORIAL 2024-2026

Editores Asociados

Teddy G. Angarita Sierra (Colombia)

Katyuscia Araujo-Vieira (Brasil)

Daniel Ariano-Sánchez (Guatemala)

Pier Cacciali (Paraguay)

Gabriel N. Castillo (Argentina)

Alessandro Catenazzi (Perú)

Rogelio Cedeño Vázquez (México)

Pierre A.R.R.H. Charruau (México)

Thaís Condez (Brasil)

Marissa Fabrezi (Argentina)

Ana Gatica Colima (México)

Jimena Grosso (Chile)

Oswaldo Hernández Gallegos (México)

Carlos Alberto Hernández Jiménez (México)

Omar Hernández Ordóñez (México)

Rafael Alejandro Lara Resendiz (México)

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)

Mauricio Ocampo Ballivian (Bolivia)

Ernesto Raya García (México)

César A. Ríos Muñoz (México)

Vivian P. Páez (Colombia)

Nicolás Pelegrin (Brasil)

María Laura Ponssa (Argentina)

Sean Michael Rovito (México)

Laura Cecilia Sanchez (Argentina)

José Manuel Serrano (México)

Luis Sigler (Estados Unidos)

Jenny C. Urbina (Colombia)

Anyelet Valencia-Aguilar (Colombia)

Nelson Velásquez (Chile)



CONTENIDO

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

FIRST ASSESSMENT OF THE HERPETOFAUNA OF MUTATÁ, URABÁ SUBREGION, COLOMBIA: A POST-CONFLICT DIVERSITY STUDY **32**

Felipe Triana, Jeisson Gómez, Fabián Bonilla, Marcela Serna & Mahmood Sasa

SNAKES AS HOSTS FOR *CENTRORHYNCHUS* (ACANTHOCEPHALA) CYSTACANTHS IN THE BRAZILIAN PAMPA **56**

Julia Veiga Pereira, Carolina Silveira Mascarenhas & Gertrud Müller

USING BIOCLIMATIC INDICATORS TO ANALYSE THE PRESENCE OF CLIMATIC MISMATCHES AMONGST LOCAL AMPHIBIAN ASSEMBLAGES OF AMERICA **114**

Catalina Smith, Leticia M. Ochoa-Ochoa & Julián A. Velasco

ARTÍCULOS DE REVISIÓN

ANOFTALMIA EN ANUROS DE LATINOAMÉRICA: NUEVO CASO EN COLOMBIA, ESTADO DEL CONOCIMIENTO Y PERSPECTIVAS PARA LA CONSERVACIÓN **81**

Daniel Enrique Espitia-Sanabria, Iván Camilo Pineda-Infante, Pamela Patiño Salazar & Sebastián Cortés-Gallo

NOTAS CIENTÍFICAS

PRIMER REGISTRO DE AMELIA EN EL SAPO DE ESPUELAS MEXICANO *SPEA MULTIPLICATA* (COPE, 1863) EN EL VALLE DE TESISTÁN, JALISCO, MÉXICO **1**

Oscar Francisco Reyna-Bustos & José Manuel Serrano

PREDATION OF THE GRANULAR GLASS FROG *COCHRANELLA GRANULOSA* (CENTROLENIDAE) BY THE

SPIDER *ERIOPHORA EDAX* (ARANEIDAE) **5**

José Manuel Mora, Diego Coto G., Karolyne Leitón O. & Pablo Marín Pacheco

CAT-EYED SNAKE, *LEPTODEIRA* SP. AFF. *ORNATA*, PREYING ON AN INTRODUCED GECKO IN COSTA RICA **10**

Kevian Quirós Mena, Lucía I. López, José Manuel Mora & Gared Rodríguez-Barboza

REPORTE DE CANIBALISMO EN *LEPTODACTYLUS BUFONIUS* (BOULENGER, 1894) (ANURA: LEPTODACTYLIDAE) **16**

Francisco Iribas, Juan Aragon-Traverso, Luciana Gordillo, Lorena Quiroga & Eduardo Sanabria

DEPREDACIÓN DE *ATRACTUS CRASSICAUDATUS* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) POR *TURDUS FUSCATER* (PASSERIFORMES: TURDIDAE) EN LA SABANA DE BOGOTÁ, COLOMBIA **21**

Giovany Díaz & Sergio García-Mieles

DEPREDACIÓN DE *THECADACTYLUS RAPICAUDA* (SQUAMATA: PHYLLODACTYLIDAE) POR *LEPTOPHIS MEXICANUS* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) EN QUINTANA ROO, MÉXICO **29**

David Mayor, Álvaro Monter-Pozos & Julio C. Hernández-Hernández

CAPTURA DE LA LAGARTIJA ESPINOSA SUREÑA *SCELOPORUS AUREOLUS* (SQUAMATA, PHRYNOSOMATIDAE) POR LA ARAÑA VIUDA NEGRA (*LATRODECTUS MACTANS*) EN LA MIXTECA ALTA DE OAXACA, MÉXICO **43**

J. Erick Gómez-Campos, Yelenny López-Aguirre & Miguel A. Domínguez-Godoy

PRIMER REGISTRO DE INTERACCIÓN DEPREDADOR-PRESA ENTRE *DRYMOBIUS MARGARITIFERUS* (COLUBRIDAE) Y *CRAUGASTOR RHODOPIS* (CRAUGASTORIDAE) **63**

José Luis Aguilar-López & Pedro A. Aguilar-Rodríguez

TAIL FURCATION IN TWO COMMON NEOTROPICAL LIZARDS: *CTENOSAURA SIMILIS* (GRAY, 1831) AND *GONATODES ALBOGULARIS* (DUMÉRIL & BIBRON, 1836) **66**

José Manuel Mora, Lucía I. López & Luis A. Cruz

REGISTRO DE MICOFAGIA DE *CHLOROPHYLLUM MOLYBDITES* (BASIDIOMYCOTA, AGARICACEAE) POR PARTE DE *CTENOSAURA PECTINATA* (SQUAMATA: IGUANIDAE) EN PUERTO VALLARTA, JALISCO, MÉXICO71

Eduardo A. Gómez-Hernández, Danna Y. Palacios-Mendoza & Armando H. Escobedo-Galván

COMMUNAL NESTING AND SEXUAL DIMORPHISM IN THE MICROENDEMIC GECKO FROM MEXICO *PHYLLODACTYLUS DELCAMPOI* (GEKKOTA: PHYLLODACTYLIDAE) 75

Diego Miguel Arenas-Moreno, Adán Bautista-del Moral, Arnulfo Villanueva-Castro & Fausto R. Méndez-de la Cruz

FIRST RECORD OF THE BEAUTIFUL DIRT FROG, *PRISTIMANTIS MUSEOSUS* (IBÁÑEZ, JARAMILLO & AROSEMENA, 1994), IN COSTA RICA100

Erick Arias, Stanley Salazar & Ana Patricia Vásquez

UN NUEVO SITIO DE DESARROLLO Y MEDIDAS MORFOLÓGICAS DE RENACUAJOS DE *TRIPRION SPINOSUS* (ANURA: HYLIDAE) EN LA SELVA ALTA DE LA SIERRA MAZATECA, OAXACA, MÉXICO..... 109

Eduardo A. Aguilar Herrera, Misael Seba-Chacha, Jessica N. Jaso-Martínez, Leopoldo D. Vázquez-Reyes, Francisco A. Rivera-Ortiz & Víctor H. Jiménez-Arcos

FIRST DIETARY RECORDS FOR *ERYTHROLAMPRUS GUENTHERI* (COLUBRIDAE): OPHIOPHAGY OF *TANTILLA MELANOCEPHALA* (COLUBRIDAE) 132

Arley Benjamin Hidalgo, Alexander Griffin Bentley, Nelson Mesonero, Cole Miller, Omar Tello Benalcázar & Jaime Culebras

NOVEL VERTICAL SUBSTRATE UTILIZATION BY *THOROPA MILIARIS* (SPIX, 1824) (ANURA: CYCLOHAMPHIDAE) IN MINAS GERAIS, SOUTHEASTERN BRAZIL 139

Henrique Folly, Vitor Baptista de Oliveira & Clodoaldo Lopes Assis

OBSERVACIONES SOBRE HISTORIA NATURAL DE UNA LARVA DE SAPO HERMOSO, *TELMATOBUFO VENUSTUS* (PHILIPPI, 1899) (ANURA: CALYPTOCEPHALELLIDAE)148

Alejandro Piñeiro-González, Isabel A. Lobos, Hugo A. Benitez & Nelson A. Velásquez

PREDACIÓN SOBRE *PRISTIMANTIS PLUVIAN* (ANURA: STRABOMANTIDAE) POR *PALEOSUCHUS*

TRIGONATUS (CROCODYLIA: ALLIGATORIDAE) EN LA AMAZONÍA BRASILEÑA..... 154

Henrique Folly, Rafaela Thaler & Leandro Alves da Silva

NOTAS DE DISTRIBUCIÓN

NUEVO REGISTRO DE LA CULEBRA IMITA CORAL COMÚN (*PLIOCERCUS ELAPOIDES*) COPE, 1860 (SQUAMATA: DIPSADIDAE) EN EL SUR DE YUCATÁN, MÉXICO 25

Daniel R. Durán-Arceo, Citlalli N. Segovia-Hernández & Pedro E. Nahuat-Cervera

ACTUALIZACIÓN Y RESUMEN DE LA DISTRIBUCIÓN DE *LEPTODACTYLUS SAVAGEI* (LEPTODACTYLIDAE) EN COLOMBIA, CON EL PRIMER REPORTE DE ANOMALÍA OCULAR PARA LA ESPECIE..... 47

Sebastian Mogrovejo Mogrovejo, Meyerly Garcés Perez, Daniel J. Gallego Sánchez, Dario J. Arrieta Garcia, Andrés E. Monterroza Palomino & Giovany Díaz

PRIMER REGISTRO DE *PALEOSUCHUS TRIGONATUS* (CROCODYLIA: ALLIGATORIDAE) EN EL PIEDEMONTE LLANERO, SANTA MARÍA, BOYACÁ, COLOMBIA..... 95

Giovanny A. Herrera-Pachon, Viviana Pinilla-Ortigoza, Laura Daniela Moreno Chiquizá, Maria Fernanda Niño Bernal, Camilo Andrés Arias Gil & Sergio A. Balaguera-Reina

NUEVO REGISTRO MUNICIPAL DE LA SERPIENTE *THAMNOPHIS PULCHRILATUS* (SQUAMATA: NATRICIDAE) EN HIDALGO..... 129

Christopher Manuel Pérez-Sánchez & Sharon Yedid Valdez-Rentería

NEW DISTRIBUTIONAL RECORDS OF THE ENDEMIC RAINFROG *PRISTIMANTIS BLASI DUARTE-MARÍN, MONTOYA-MARÍN & RIVERA-GÓMEZ* (ANURA, STRABOMANTIDAE), NEAR CHOCÓ, COLOMBIA 143

Yojan C. Vargas-Ramírez, Juan P. Durango & Esteban Garzón-Franco

ANUNCIOS

LISTA DE AGRADECIMIENTO EDITORES Y REVISORES 2024..... 158





ISSN: 2594-2158 Volumen 08, Número 01, Enero-Marzo 2025

Imagen: *Eriophora edax* consumiendo una rana de cristal, *Cochranella granulosa*, en su telaraña en el campus Atenas, Universidad Técnica Nacional, Balsa, cantón de Atenas, Alajuela, Costa Rica. Foto: Diego Coto.

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

Contacto: revista.latin.herpetologia@gmail.com



PRIMER REGISTRO DE AMELIA EN EL SAPO DE ESPUELAS MEXICANO *SPEA MULTIPLICATA* (COPE, 1863) EN EL VALLE DE TESISTÁN, JALISCO, MÉXICO

FIRST CASE OF AMELIA IN THE MEXICAN SPADEFoot TOAD *SPEA MULTIPLICATA* (COPE, 1863) IN THE TESISTÁN VALLEY, JALISCO, MEXICO

Oscar Francisco Reyna-Bustos^{1*} & José Manuel Serrano²

¹Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Las Agujas, Zapopan, Jalisco, México.

²Universidad Autónoma Metropolitana - Unidad Xochimilco, Ciudad de México, México.

*Correspondence: oscar.reyna@academicos.udg.mx

Received: 2024-05-10. Accepted: 2024-08-22. Published: 2025-01-16

Editor: Alessandro Catenazzi, Perú.

Abstract.— We describe the first case of amelia, a type of morphological anomaly in which all the bones of the joint of one of the extremities are absent. This observation occurred in a Mexican spadefoot toad *Spea multiplicata* in the Tesistan Valley, Zapopan, Mexico.

Keywords.— Ectromelia, incomplete limb, morphological anomaly, Scaphiopodidae.

Resumen.— Describimos el primer caso de amelia, un tipo de anomalía morfológica en la que están ausentes todos los huesos de la articulación de alguna de las extremidades. Esta observación ocurrió en un sapo de espuelas mexicano *Spea multiplicata* en el Valle de Tesistán, Zapopan, México.

Palabras clave.— Anomalías morfológicas, ectromelia, extremidad incompleta, Scaphiopodidae.

Las anomalías morfológicas son definidas como una variación del rango normal en la anatomía de un individuo (Meteyer, 2000; Henley et al., 2017). Reportes sobre anomalías morfológicas en anfibios se han visto incrementadas en poblaciones de las zonas agrícolas, suburbanas, pastizales y bosques perturbados (Rebouças et al., 2019; Venerozo-Tlazalo et al., 2022). Distintos factores pueden actuar sinérgicamente ocasionando anomalías morfológicas en los anuros: la exposición prolongada a los rayos ultravioleta, la contaminación de los cuerpos de agua con agroquímicos, la infección por endoparásitos, irregularidades en el desarrollo embrionario o mutaciones y la depredación selectiva (Blaustein & Johnson 2003; Henley et al., 2017; Aguillón-Gutiérrez, 2018).

Diversas anomalías morfológicas han sido reportadas en 20 especies anfibios en México, pertenecientes a las familias Ambystomatidae, Bufonidae, Craugastoridae, Hylidae, Myrohylidae, Plethodontidae y Ranidae (Venerozo-Tlazalo et al., 2022; Cante-Bazán & Ramírez-Bautista, 2023; Reyes-Servín & Díaz-García, 2023). De acuerdo con Venerozo-Tlazalo et al. (2022) las anomalías más frecuentes en los anfibios de México son: 1) anoftalmia (ausencia de uno de los ojos), 2) ectromelia

(extremidad incompleta), 3) ectrodactilia (ausencia de falanges) y 4) braquidactilia (falanges reducidas). Para el estado de Jalisco, México sólo existe un reporte de ectromelia y polimelia en la especie *Lithobates neovolcanicus* en un bosque de pino perturbado de Mezcala de la Asunción, Poncitlán (Barragán-Ramírez & Navarrete Heredia, 2011). En esta nota describimos el primer registro de amelia en el sapo de espuelas mexicano *Spea multiplicata* encontrado en el Valle de Tesistán, Jalisco, México. Hasta el momento es el único registro realizado sobre anomalías morfológica en la familia Scaphiopodidae para México.

El 7 de octubre del 2023, alrededor de las 19:30 h en un área agrícola en el Valle de Tesistán en la localidad de Los Surcos Largos, Nextipac, municipio de Zapopan, Jalisco, México (20.7641° N, 103.5136° W; elevación 1,640 m s.n.m.), en la orilla de un pozo de agua próxima a una huerta de frutales y cultivos de maíz (Fig. 1), encontramos un individuo muerto del sapo *S. multiplicata*, con longitud hocico-cloaca de 26.9 mm. Al examinarlo notamos la ausencia de la extremidad anterior izquierda y aparentemente sin tejido cicatrizante (Fig. 2). Se tomaron radiografías del individuo, con las cuales se pudo confirmar la ausencia de las estructuras óseas de la extremidad.





Figure 1. Observation site of the individual *Spea multiplicata* in the Tesistan Valley, Jalisco, Mexico. Photo: Oscar Reyna-Bustos.

Figura 1. Sitio de observación del individuo de *Spea multiplicata* en el Valle de Tesistán, Jalisco, México. Foto: Oscar Reyna-Bustos.

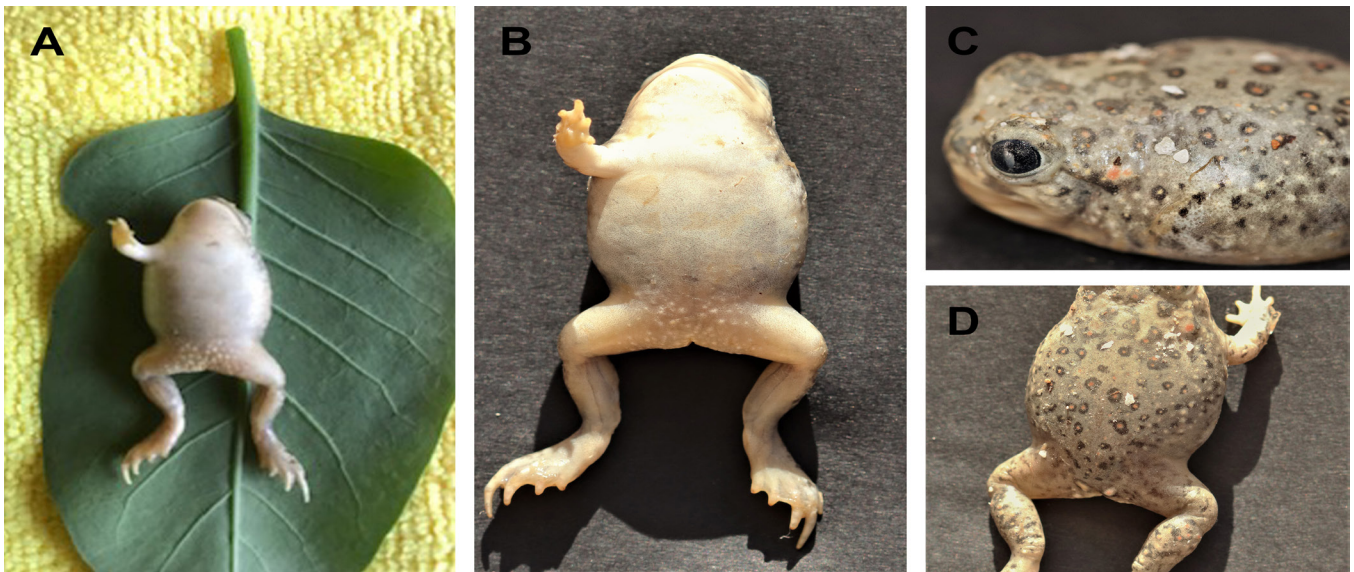


Figure 2. A and B) ventral (LACM PC 3120, 3122), C) lateral (LACM PC 3119), and D) dorsal (LACM PC 3121) views of the toad *Spea multiplicata* with amelia on the forelimb found in an agricultural and suburban area in the Tesistan Valley, Zapopan, Jalisco. Photos: Oscar Reyna Bustos.

Figura 2. A y B) vista ventral (LACM PC 3120, 3122), C) lateral (LACM PC 3119), y D) dorsal (LACM PC 3121) del sapo *Spea multiplicata* con amelia en la extremidad anterior encontrado en un área agrícola y suburbana en el Valle de Tesistán, Zapopan, Jalisco. Fotos: Oscar Reyna-Bustos.

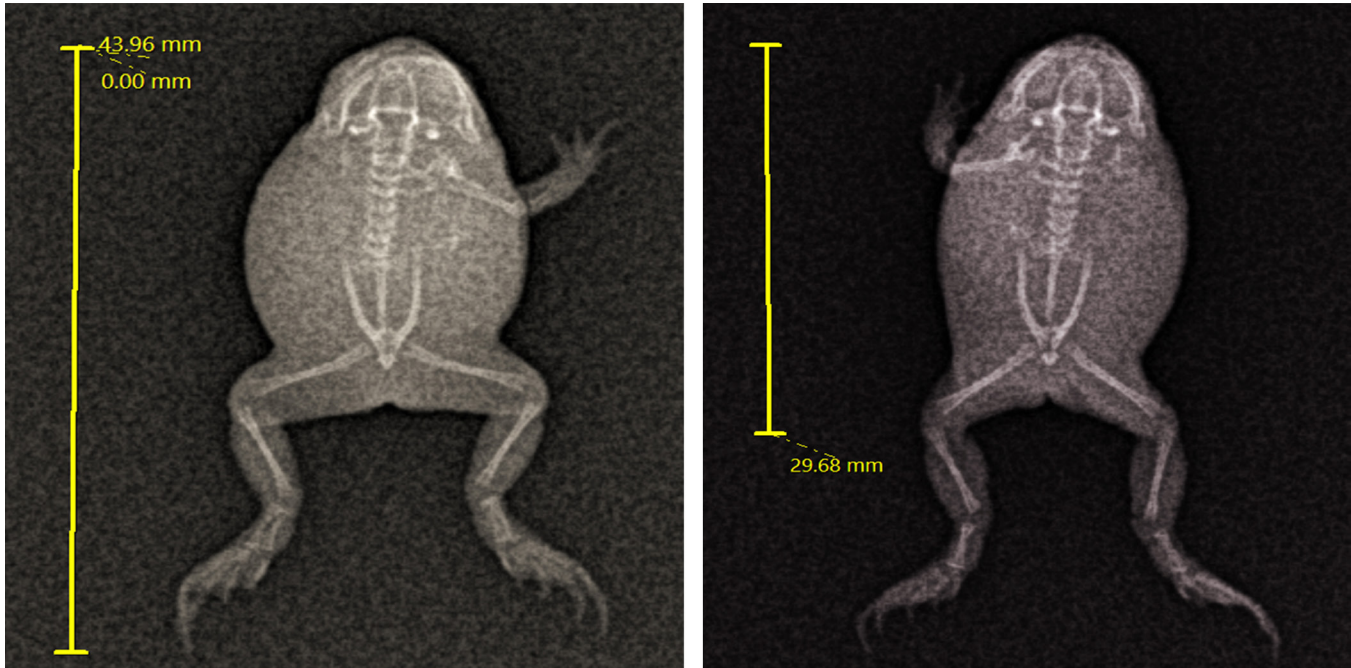


Figure 3. Dorsal (left) and ventral (right) radiographs of *Spea multiplicata* with amelia on the left forelimb (LACM PC 3123). The contrast between the dorsal and ventral views of the radiographs shows the absence of humerus and the presence of scapula, so internally the amelia occurs due to the lack of development of the left forelimb of the individual. Radiographs: Rosa Isela Hernández and Nancy Velazco.

Figura 3. Radiografía dorsal (izquierda) y ventral (derecha) de *Spea multiplicata* con amelia en la extremidad anterior izquierda (LACM PC 3123). El contraste entre las vistas dorsal y ventral de las radiografías permiten observar la ausencia de húmero y la presencia de escápula, por lo que internamente la amelia ocurre por la falta del desarrollo de la extremidad izquierda del individuo. Radiografías: Rosa Isela Hernández y Nancy Velazco.

El ejemplar fue depositado en la colección de vertebrados del Centro de Estudios en Zoología de la Universidad de Guadalajara (CZUG); así mismo las fotografías y radiografías del individuo fueron depositadas en la colección digital del Natural History Museum of Los Angeles, California (LACM PC 3119-3123).

Identificamos esta anomalía de acuerdo con Meteyer (2000) quien determina diferentes tipos de anomalías en anuros y establece que la amelia es una forma de ectromelia en la que los individuos no desarrollan los huesos de sus extremidades de manera total o parcial. En las radiografías encontramos que el individuo carecía de los huesos de la extremidad izquierda a partir del humero, pero sí presentaba escápula izquierda (Fig. 3).

El área donde encontramos el individuo con amelia de *S. multiplicata* es un espacio agrícola que ha concentrado el cultivo de maíz por más de 200 años (Calvo & Regalado-Pinedo, 2016). En esta zona el uso y aplicación de productos agrícolas, insecticidas y herbicidas se vio incrementada a partir de los años 50 cuando se implementó la revolución verde (Rangel-Ascencio, 2005). Sin embargo, tomado en cuenta que este es primer reporte sobre la especie y es una observación fortuita, desconocemos la

causa directa de muerte del *S. multiplicata* y con qué frecuencia se encuentre si la anomalía a nivel poblacional. Consideramos importante continuar estudiando las poblaciones de anfibios en esta zona agrícola para estimar la presencia de anomalías en sapos y ranas en el Valle de Tesislán y en áreas aledañas de la región.

Agradecimientos. – A la Dra. Rosa Isela Hernández González y a la MVZ. Nancy Velazco Duran de COVAC veterinaria por el apoyo en la toma de las radiografías del ejemplar. .

LITERATURA CITADA

- Aguillón-Gutiérrez, D.R. 2018. Anomalías macroscópicas en larvas de anfibios anuros. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 1:8-12.
- Barragán-Ramírez, J.L. & J.L. Navarrete-Heredia. 2011. Primer registro de un caso de malformaciones en *Lithobates neovolcanicus* (Hillis y Frost, 1985) (Anura: Ranidae). *Acta Zoológica Mexicana* 27:837-841.

- Blaustein, A.R. & P.T. Johnson. 2003. Explaining frog deformities. *Scientific American* 1:60-65.
- Calvo, T. & A. Regalado-Pinedo. 2016. Historia del Reino de la Nueva Galicia. Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades. Universidad de Guadalajara, México.
- Cante-Bazán, E.A. & A. Ramírez-Bautista. 2023. Ocular abnormalities in two sympatric salamanders (Caudata: Plethodontidae) in a pine-oak forest of La Malinche National Park, Mexico. *Phyllomedusa: Journal of Herpetology* 22:181-184.
- Henley, K., A. Buboiss & V. Vershinin. 2017. A review of anomalies in natural populations of amphibians and their potential causes. *Mertensiella* 25:57-164.
- Meteyer, C.U. 2000. Field guide to malformations of frogs and toads with radiographic interpretations. US Geological Survey, Reston Virginia, USA.
- Rangel Ascencio, R. 2005. Programa de manejo de malezas y vulnerabilidad a intoxicaciones agudas por plaguicidas en trabajadores agrícolas de Nextipac, Jalisco. Tesis de Maestría, Universidad de Guadalajara, México.
- Rebouças, R., H.R. da Silva & M. Solé. 2019. Malformations in insular and coastal populations of toads in Rio de Janeiro, Southeastern Brazil. *South American Journal of Herpetology* 14:12-18.
- 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* 6:118-20.
- 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.



PREDATION OF THE GRANULAR GLASS FROG *COCHRANELLA GRANULOSA* (CENTROLENIDAE) BY THE SPIDER *ERIOPHORA EDAX* (ARANEIDAE)

DEPREDAÇÃO DE LA RANA DE VIDRIO GRANULADA *COCHRANELLA GRANULOSA* (CENTROLENIDAE) POR LA ARAÑA *ERIOPHORA EDAX* (ARANEIDAE)

José Manuel Mora^{1,2*}, Diego Coto G.³, Karolyne Leitón O.⁴ & Pablo Marín Pacheco⁵

¹Carrera de Gestión Ecoturística, Sede Central, Universidad Técnica Nacional, Alajuela, Costa Rica.

²Department of Biology and Museum of Vertebrate Biology, Portland State University, Portland, Oregon, USA.

³Centro Científico Tropical, Monteverde, Puntarenas, Costa Rica.

⁴Sistema Nacional de Áreas de Conservación, San Pablo de Heredia, Costa Rica.

⁵Ingeniería Forestal y Vida Silvestre, Sede Atenas, Universidad Técnica Nacional, Atenas, Costa Rica.

*Correspondence: josemora07@gmail.com

Received: 2024-10-02. **Accepted:** 2024-10-19. **Published:** 2025-01-16.

Editor: Mauricio Ocampo Ballivian, Bolivia.

Resumen.— Aunque numerosos informes documentan la depredación de ranas por arañas, esta interacción sigue siendo poco comprendida. La mayoría de los eventos de depredación entre ranas y arañas se atribuyen a arañas fosoriales y errantes, con solo el 9 % involucrando arañas tejedoras de telarañas. La rana *Cochranella granulosa* es relativamente común en Costa Rica, especialmente en bosques lluviosos de tierras bajas y montanos. Aquí, informamos un caso de depredación de esta rana por la araña *Eriophora edax*, una especie nocturna tejedora que construye telarañas grandes y fuertes capaces de capturar pequeños vertebrados voladores. Esta observación tuvo lugar el 6 de octubre de 2017 a las 21:50 h en el campus de Atenas de la Universidad Técnica Nacional en Costa Rica. Este incidente marca solo la segunda instancia registrada de *Eriophora edax* depredando vertebrados. Presentamos y discutimos este caso en el contexto de otros casos documentados de depredación de ranas por arañas.

Palabras clave.—Anfibios, Costa Rica, dieta, presa, telas de araña.

Abstract.— Although numerous reports document frog predation by spiders, this interaction remains poorly understood. Most predation events between frogs and spiders are attributed to fossorial and wandering spiders, with only 9 % involving web-building spiders. The Granular Glass frog, *Cochranella granulosa*, is relatively common in Costa Rica, particularly in lowland and montane rainforests. Here, we report a case of predation involving this frog by the spider *Eriophora edax*, a nocturnal orb-weaver that constructs large, strong webs capable of capturing small flying vertebrates. This observation took place on 6 October 2017 at 21:50 h on the Atenas campus of the Universidad Técnica Nacional in Costa Rica. This incident marks only the second recorded instance of *Eriophora edax* preying on vertebrates. We present and discuss this case in the context of other documented instances of frog predation by spiders.

Key words.—Amphibians, Costa Rica, diet, orb-webs, prey.

Due to their abundance, moderate size, and soft skin, amphibians are a common food source for various predators, both vertebrate and invertebrate, particularly arthropods (Duellman & Trueb, 1986). Alongside vertebrate predators, numerous invertebrates, especially spiders, prey on amphibians (Pough et al., 2001; Nyffeler & Altig, 2020). While fossorial and wandering spiders are among the most frequent predators of small anurans and lizards in Neotropical forests (Folt & Lapinski, 2017; Prémel & Torres, 2021), certain frogs can also become entangled in webs, where they are subsequently killed and consumed (Duellman & Trueb, 1986).

Glass frogs, belonging to the family Centrolenidae, are small, arboreal species native to Central and South America (Ruíz-Carranza & Lynch, 1991). Their name derives from the transparent undersides of their bodies (Guayasamín et al., 2009). The genus *Cochranella* currently comprises 15 species, two of which are found in Costa Rica (https://amphibiaweb.org/cgi/amphib_query?where-scientific_name=Cochranella&rel-scientific_name=contains&include_synonymies=Yes).

The Granular Glass frog, *Cochranella granulosa* (Taylor, 1949), is a small, uniformly dark green frog typically marked with



scattered large blue to black spots (Savage, 2002). It has an obtuse snout in profile, dark green bones, a white stripe on the upper lip, a white parietal peritoneal sheath, a white pericardium, and a white digestive tract (Savage, 2002). Adult males range from 22.5 to 29 mm in standard or snout-vent length, while adult females measure between 29 and 32 mm (Savage, 2002).

This glass frog is strictly nocturnal and typically calls from trees 5 to 10 m above fast-flowing streams (Savage, 2002). It inhabits Lowland Moist and Wet Forests, as well as Premontane Wet Forests, according to Holdridge's life zone classification (Holdridge, 1967). Its wide distribution spans from southern Honduras, through scattered localities in Nicaragua, and both slopes of Costa Rica, extending into Panama and reaching as far as Ecuador (Culebras et al., 2020; Guayasamín et al., 2020; Barrio-Amorós et al., 2022).

Eriophora edax (Blackwall, 1863) (Araneidae) is a relatively large spider, with a body length of 12–16 mm and a leg span of 50–80 mm (Levi, 1970; Nyffeler & Knörnschild, 2013). It has a yellowish-brown prosoma with a central dark brown longitudinal stripe that aligns with the color of the clypeus. The opisthosoma is white and black dorsally, with two anterior tubercles and one at the posterior end (Levi, 1970). This species is found from the USA to Brazil (Levi, 1970) and is a nocturnal orb-weaver commonly found in open and disturbed areas. Its web

is large, vertical, and strong, spanning up to 1.5 m in diameter (Nyffeler & Knörnschild, 2013). The spider typically positions itself at the web's center, head facing downward (Ceballos et al., 2005). It forages exclusively at night, constructing a new web each evening and dismantling it by dawn (Ceballos et al., 2005). The genus *Eriophora* is known for constructing orb-webs of exceptional size and strength, often suspended on long bridge lines. This "web gigantism" may have evolved as an adaptation to capture flying vertebrates, such as bats and birds (Nyffeler & Knörnschild, 2013). Here, we document a predation event where *Eriophora edax* captured and consumed a Granular Glass frog.

On 6 October 2017 at 21:50 h, during a nocturnal wildlife tour, we observed a web belonging to *Eriophora edax* at the Atenas Campus of the Universidad Técnica Nacional (UTN) in Atenas County, Alajuela, Costa Rica (9.9392° N, 84.3800° W; 415 m a.s.l.; Fig. 1). The frog was wrapped in spider silk and completely immobile, apparently dead, indicating that it had likely fallen victim some time earlier (Fig. 2). The spider was feeding on the frog's dorsum. We observed the event for about 10 min, during which we took photographs from a safe distance without disturbing the spider, which continued feeding as usual.

We identified the frog based on our field experience and by noting some basic characteristics of this species. We compared our photos with images from the internet and the literature for



Figura 1. Sitio de observación (punto negro) en el que *Eriophora edax* depreda una rana de cristal, *Cochranella granulosa*, en el campus Atenas de la Universidad Técnica Nacional, Balsa, cantón de Atenas (marcado en rojo) en la provincia de Alajuela (delineada en blanco pero mostrada en rojo en el mapa de Costa Rica). Figura basada en Google Earth (sección izquierda) y Wikipedia bajo licencia Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 license (sección derecha).

Figure 1. Observation site (black dot) where *Eriophora edax* predated a Granular Glass frog, *Cochranella granulosa*, at the Atenas campus of Universidad Técnica Nacional, Balsa, Atenas County (highlighted in red) in Alajuela Province (outlined in white but shown in red on the map of Costa Rica). Figure based on Google Earth (left section) and Wikipedia under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 license (right section).

confirmation (especially Savage 2002). We followed a similar process for the spider but also confirmed its identification with the expert Emanuel Rodríguez Rojas, a colleague from our university Universidad Técnica Nacional, in Atenas, Costa Rica.

There are numerous reports worldwide of spiders preying on small vertebrates, including fish, mammals, frogs, and lizards (Nyffeler & Vetter, 2018; Nyffeler & Altig, 2020; Reyes-Olivares et al., 2020; de Oliveira Meneses et al., 2021). These reports feature a diverse array of organisms, such as the tarantula *Sericopelma immensum* preying on a juvenile venomous snake, *Bothrops asper* (Núñez Escalante & Moreno Chinchilla, 2021), and the wandering spider *Ancylometes bogotensis* targeting a *Basiliscus galeritus* (Pérez Galvis et al., 2024). Among the many documented cases, several

involve the mentioned species of wandering spider, *Ancylometes bogotensis*, preying on amphibians and reptiles across Central and South America (e.g., Höfer & Brescovitt, 2000).

The literature is extensive; however, in the case of frogs, the spiders most commonly involved are large cursorial spiders, particularly wandering spiders, with the family Hylidae being the most frequently predated (Nyffeler & Altig, 2020; de Oliveira Meneses et al., 2021). Frog predation by aerial-web or funnel-web weavers accounts for only 9 % of the 374 incidents compiled by Nyffeler & Altig (2020). These predation events typically occur when frogs hopping from shrub to shrub are intercepted in the strong aerial webs of araneid, nephilid, or theridiid spiders (Nyffeler & Altig, 2020). In Costa Rica, most documented

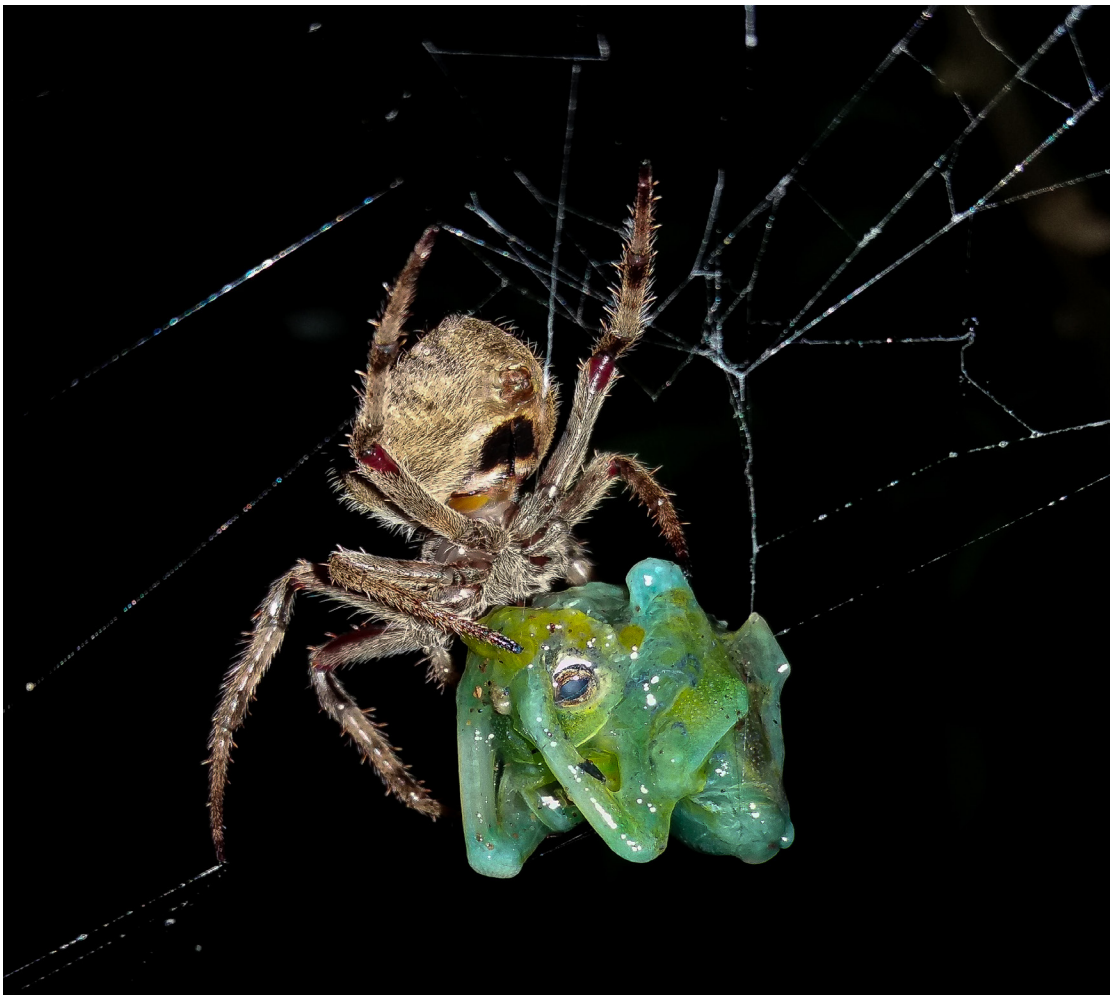


Figura 2. *Eriophora edax* consumiendo una rana de cristal, *Cochranella granulosa*, en su telaraña en el campus Atenas, Universidad Técnica Nacional, Balsa, cantón de Atenas, Alajuela, Costa Rica. Foto: Diego Coto.

Figure 2. *Eriophora edax* consuming a Granular Glass frog, *Cochranella granulosa*, in its web at the Atenas campus, Universidad Técnica Nacional, Balsa, Atenas County, Alajuela, Costa Rica. Photo: Diego Coto.

instances of spider predation on vertebrates involve wandering spiders, primarily from the genus *Cupiennius* in the family Trechaleidae (Folt & Lapinski, 2017; Cambronero et al., 2022; Mora et al., 2023).

The capture and consumption of the Granular Glass frog by *Eriophora edax* is noteworthy, as it represents only the second documented instance of vertebrate prey for this spider. The first recorded case involved an unidentified small tree frog found in a web of the same spider species, also in Costa Rica (Greenstone, 1984). Insects, particularly those of the order Lepidoptera, constitute the primary diet of *Eriophora edax* (Ceballos et al., 2005; Meraz et al., 2012). As a "sit-and-wait" predator, *Eriophora edax*, like other web-building spiders (Heiling, 1999), raises the intriguing question of how it manages to capture frogs. In another instance, an adult Spiny Cochran frog, *Teratohyla spinosa*, was found trapped in the web of an adult female *Eriophora* sp. (Folt & Lapinski, 2017). Similarly, the Granular Glass frog from Atenas was ensnared. Tree frogs and glass frogs move by walking and jumping through vegetation and may accidentally fall into orb-webs, just like other spider prey.

A key objective of ecology is to understand how organisms interact and coexist in their environments. Although further research is necessary to assess the full impact of spider predation on frog populations (Nyffeler & Altig, 2020), anecdotal observations like this one provide valuable insights that help connect individual events to broader ecological patterns. These contributions, while specific, can help enhance our understanding of predator-prey dynamics and their implications for biodiversity.

Acknowledgements. – JMM acknowledges to Emilce Rivera GEC head department, Sede Central, UTN, for academic support.

LITERATURE CITED

- Barrio-Amorós, C.L., A.M. Forero-Cano, F.R. Serna, R. Nieto & C. Rombeaut. 2022. Extension of the distribution of *Cochranella granulosa* (Taylor, 1949) in Colombia and Ecuador. *Anartia* 35:33-38.
- Cambronero, A.V., P. Marín, L.I. López & J.M. Mora. 2022. Predation of a Drab Streamside Tree frog *Smilisca sordida* (Anura: Hylidae) by the Bromeliad spider (*Cupiennius coccineus*) in Northwestern Costa Rica. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 5:20-24.
- Ceballos L., Y. Hénaut & L. Legal. 2005. Foraging strategies of *Eriophora edax* (Araneae, Araneidae): A nocturnal orb-weaving spider. *Journal of Arachnology* 33:509-515.
- Culebras, J., F.N. Angiolani-Larrea, J. Tinajero-Romero, C. Pellet & J. Yeager. 2020. First record and notable range extension of the Glass frog *Cochranella granulosa* (Taylor, 1949) (Anura, Centrolenidae) found in Ecuador. *Herpetology Notes* 13:353-355.
- de Oliveira Meneses, A.S., B.A.A. Peña Corrêa, M.D.A. Ramos Fernandes, B.E. Pires de Camargos Lopes, N. Kaladinsky Citeli & R. Albuquerque Brandão. 2021. What size of Neotropical frogs do spiders prey on? *Biologia* 76:919-932.
- Duellman, W.E. & L. Trueb. 1986. *Biology of Amphibians*. McGraw-Hill, New York, New York, USA.
- Folt, B. & W. Lapinski. 2017. New observations of frog and lizard predation by wandering and orb-weaver spiders in Costa Rica. *Phyllomedusa* 16:269-277.
- Greenstone. M.H. 1984. Determinants of web spider species diversity: vegetation structural diversity vs. prey availability. *Oecologia* 62:299-304.
- Guayasamín, 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.
- Guayasamín, J.M., D.F. Cisneros-Heredia, R.W. McDiarmid, P. Peña & C.R. Hutter. 2020. Glassfrogs of Ecuador: Diversity, evolution, and conservation. *Diversity* 12:1-285.
- Heiling A. 1999. Why do nocturnal orb-web spiders (Araneidae) search for light? *Behavioral Ecology and Sociobiology* 46:43-49.
- Höfer, H. & A.D. Brescovit. 2000. A revision of the Neotropical spider genus *Ancylometes* Bertkau (Araneae: Pisauridae). *Insect Systematics & Evolution* 31:323-360.
- Holdridge, L.R. 1967. *Life Zone Ecology*. Tropical Science Center, San José, Costa Rica.
- Levi, H.W. 1970. The ravilla group of the orb weaver genus *Eriophora* in North America (Araneae: Araneidae). *Psyche* 3:280-302.
- Meraz, L.C., Y. Hénaut & L. Legal. 2012. Prey selection in a nocturnal web-building spider, *Eriophora edax* (Araneae Araneidae). *Ethology Ecology & Evolution* 24:1-13.



- Mora, J.M., R. Alvarado & H.A. Lara. 2023. Predation of a Yellow-Headed gecko (*Gonatodes albogularis*) by a bromeliad spider *Cupiennius coccineus*. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:6-12.
- Núñez Escalante, R.N. & J. Moreno Chinchilla. 2021. Predation by a tarantula (*Sericopelma immensum*) on a terciopelo (*Bothrops asper*) in Sierpe de Osa, Costa Rica. *Reptiles & Amphibians* 28:490-491.
- Nyffeler, M. 1999. Prey selection of spiders in the field. *Journal of Arachnology* 27:317-324.
- Nyffeler, M. & M. Knörnschild. 2013. Bat predation by spiders. *PLoS ONE* 8:e58120.
- Nyffeler, M. & R.S. Vetter. 2018. Black widow spiders, *Latrodectus* spp. (Araneae: Theridiidae), and other spiders feeding on mammals. *The Journal of Arachnology* 46:541-548.
- Nyffeler, M. & R. Altig. 2020. Spiders as frog-eaters: a global perspective. *The Journal of Arachnology* 48:26-42.
- Pérez Galvis, J.S., C. Martínez-Vargas & J. Gutiérrez-Toro. 2024. Predation attempt by a Wandering Spider, *Ancylometes bogotensis* (Araneae: Ctenidae), on a Western Basilisk, *Basiliscus galeritus* (Squamata: Corytophanidae). *Reptiles & Amphibians* 31:e21806.
- Pough, F.H., R.M. Andrews, J.E. Cadle, M.L. Crump, M.L., A.H. Savitzky & K.D. Wells. 2001. *Herpetology*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- Prémel, V. & J.P. Torres. 2021. *Cupiennius* sp. (Taczanowski, 1874), predation on the tree frog *Dendropsophus carnifex* (Duellman, 1969) in Ecuador. *Herpetology Notes* 14:117-120.
- 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.
- Ruíz-Carranza, P.M. & J.D. Lynch. 1991. Ranas Centrolenidae de Colombia I: propuesta de una nueva clasificación genérica. *Lozania* 57:1-30.
- Savage, J.M. 2002. *The Amphibians and Reptiles of Costa Rica: a Herpetofauna Between Two Continents, Between Two Seas*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.



CAT-EYED SNAKE, *LEPTODEIRA* SP. AFF. *ORNATA*, PREYING ON AN INTRODUCED GECKO IN COSTA RICA

SERPIENTE OJIGATA, *LEPTODEIRA* SP. AFF. *ORNATA*, DEPREDANDO A UN GECO INTRODUCIDO EN COSTA RICA

Kevian Quirós Mena¹, Lucía I. López², José Manuel Mora^{3,4*} & Gared Rodríguez-Barboza⁵

¹Ingeniería en Ciencias Forestales y Vida Silvestre, Universidad Técnica Nacional, Atenas, Alajuela, Costa Rica.

²Unidad de Ciencias Básicas y Carrera de Tecnología de Alimentos, Sede Atenas, Universidad Técnica Nacional, Costa Rica.

³Carrera de Gestión Ecológica, Sede Central, Universidad Técnica Nacional, Alajuela, Costa Rica.

⁴Department of Biology and Museum of Vertebrate Biology, Portland State University, Portland, Oregon, USA.

⁵Ingeniería en Ciencias Forestales y Vida Silvestre, Universidad Técnica Nacional, Atenas, Alajuela, Costa Rica.

*Correspondence: josemora07@gmail.com

Received: 2024-06-13. Accepted: 2024-10-23. Published: 2025-01-22

Editor: Itzcoatl Maldonado Resendiz, México.

Resumen.— Las serpientes ojigatas que pertenecen al género *Leptodeira*, se alimentan principalmente de anfibios, aunque también consumen otras presas. Sin embargo, no se han documentado lagartijas en la dieta de *Leptodeira* sp. aff. *ornata*. Esta serpiente, nativa de Costa Rica y Panamá, tiene relaciones taxonómicas y filogenéticas inciertas. Su dieta incluye principalmente anuros, tanto huevos como individuos adultos. Reportamos el primer caso documentado de depredación por parte de esta serpiente sobre el gecko casero común, *Hemidactylus frenatus*. Este gecko, originario de Asia, ha sido ampliamente introducido y es particularmente abundante en áreas urbanas y semiurbanas. La serpiente ojigata ingirió al gecko comenzando por la cola, lo que contrasta con otro evento en el que una ojigata de bandas negras inició la ingestión de un gecko de vientre amarillo desde la cabeza. Este hallazgo sugiere un posible comportamiento de forrajeo de esta serpiente ojigata en áreas semiurbanas y resalta el oportunismo en sus preferencias alimentarias.

Palabras clave.— Anfibios, depredación, dieta, gecko casero común, lagartija.

Abstract.— Cat-eyed snakes from genus *Leptodeira*, primarily prey on amphibians, but also consume other prey types. However, lizards have not previously been documented as prey for *Leptodeira* sp. aff. *ornata*. This snake is native to Costa Rica and Panama, though its precise taxonomic and phylogenetic relationships remain unclear. Its diet primarily consists of anurans, including both eggs and adult individuals. We report the first documented case of predation by this Cat-eyed snake on the Common House gecko, *Hemidactylus frenatus*. This gecko, native to Asia, has been introduced to numerous regions worldwide and is particularly abundant in urban and semi-urban areas. The Cat-eyed snake ingested the Common House gecko starting from the tail, in contrast to a different event where a Black-banded Cat-eyed snake began ingesting a Yellow-bellied gecko from the head. This finding suggests potential foraging behavior of this Cat-eyed snake in semi-urban areas, highlighting another instance of opportunism in its dietary preferences.

Keywords.— Amphibians, Common House gecko, diet, lizards, predation.

Although there are many records of snake predation on lizards, observations of these events are difficult in the wild. Consequently, researchers often analyze fecal matter or stomach contents for dietary studies (Castro-Tafolla & Vásquez-Cruz, 2024). Detailed observations of predation events are rare due to the challenges of monitoring animals in their natural habitats (Santos-Silva et al., 2014). As a result, there is limited information

on the specific prey of many tropical snakes. The low taxonomic definition in some species can be another complication in understanding their trophic ecology.

Leptodeira Fitzinger, 1843 is one of the most common snake genera with a wide distribution in the Neotropics (Barrio-Amorós, 2019; Torres-Carvajal et al., 2020; Antúnez-Fonseca et

al., 2023). Although 19 species are currently recognized within the genus (Uetz et al., 2023), some species formal recognition has been controversial (Daza et al., 2009; Barrio-Amorós, 2019; Costa et al., 2022). This complexity has led to confusion in the use of appropriate names for several populations (Duellman, 1958; Daza et al., 2009; Barrio-Amorós, 2019; Costa et al., 2022; Antúñez-Fonseca et al., 2023).

One confusing case is the Cat-eyed snake, *Leptodeira* sp. aff. *ornata*, a putative undescribed species from Costa Rica and northern Panama (Costa et al., 2022; Ali & Ali, 2024). Until recently, it was considered conspecific with the Northern Cat-eyed snake, *Leptodeira septentrionalis* (Kennicott, 1859) (Ali & Ali, 2024). *Leptodeira* sp. aff. *ornata* is a very common, pale brown snake with a slightly compressed body, a broad head with bulging eyes and vertically elliptical pupils, a pattern of dark dorsal blotches, and a light-colored venter (Savage, 2002). It is a small to moderate snake, reaching a total length of up to 100 cm in adult females and slightly less in males (Savage, 2002; Solórzano, 2022).

This Cat-eyed snake is commonly encountered in lowland moist and wet forests but is occasionally found in dry forests, premontane moist and wet forests, and rainforests, making it potentially one of the most abundant snakes in Costa Rica (Savage, 2002). Nocturnal and arboreal, it is often seen climbing the vegetation around marshes, ponds, or rivers with thriving amphibian populations (Savage, 2002).

Diet of *Leptodeira* sp. aff. *ornata* consists mainly of anurans, including both eggs and adult individuals. For example, it commonly preys on the eggs of hylid and phyllomedusid tree frogs (Duellman, 1958; Savage, 2002; Arias et al., 2015; Nuñez Escalante & Garro Acuña, 2020; Abarca et al., 2021; Dougherty & Lisondro, 2023; Griesbaum et al., 2023). Despite its slender body, this snake captures relatively large frogs with a quick strike, holding them in its mouth while injecting venom into the bite wounds. The frogs succumb rapidly and are swallowed once paralyzed (Solórzano, 2022). Two cases of ophiophagy have also been reported for this species (McKelvy et al., 2013; Nuñez Escalante et al., 2021).

Individuals of *L. sp. aff. ornata* have been observed feeding on squashed frogs and toads on roads, similar to other *Leptodeira* species (Mora, 1999; Oliveira et al., 2023; Gamez-Duarte et al., 2024). A novel feeding strategy was documented where a small individual captured and bit an adult Masked Tree Frog, *Smilisca phaeota* Cope, 1862, injecting venom into it for two hours until it was paralyzed, then consuming its internal organs (Arroyo-

Trejos & Mora, 2016). Opisthoglyphous species like *Leptodeira* bite and hold their prey without releasing it, allowing their venom to take effect (Savage, 2002; Solórzano, 2022).

The Common House gecko, *Hemidactylus frenatus* Dumeril & Bibron, 1836, is a small lizard measuring about 67 mm SVL (López & Mora, 2021). It has a grayish-brown or dusky brown dorsum, sometimes with darker markings, and a uniformly cream or light beige venter (Das, 2010). Although it can naturally be found in forested areas, it predominantly inhabits human dwellings, often inside buildings where it feeds on insects (Neogi & Islam, 2017; Parmar & Tank, 2019).

On May 31, 2024, at 19:12 h, we casually observed a snake chasing, hunting, and consuming a house gecko inside an old refrigerator in an empty student dormitory at the Atenas campus of the Universidad Técnica Nacional (UTN) in Atenas County, Alajuela, Costa Rica (9° 56' 28" N, 84° 22' 34" W; 430 m a.s.l.; Fig. 1). The event was observed for about 20 min, and some pictures were taken from a close distance, without disturbing the snake, which continued its feeding behavior normally.

At that moment, the gecko's tail was on one side of the tray where both individuals were confronting each other. We left to get a smartphone and a camera, and when we returned, the gecko's tail was no longer there. At this point, the gecko tried to escape, but the snake captured it with a quick strike. The first bite was on the gecko's hindquarters (the gecko was missing most of its tail). The snake tried to adjust the gecko in its mouth but did not attempt to constrict it. The gecko shook vigorously but couldn't free itself from the snake's jaws and soon stopped moving.

Twenty-nine seconds into the attack, the snake adjusted its jaws to get a better grip on the gecko and began trying to swallow it. At sixty seconds, the snake stretched the front part of its body to realign itself with the gecko's body. The gecko was clearly alive but not moving. At 1.2 min, the snake had the gecko facing forward and began swallowing it from the back, where it had originally bitten it. At 1.35 min, the snake managed to get the gecko's legs through its throat (Fig. 2). The process continued gradually until the snake completely swallowed the gecko, taking a total of 6 min.

We report the first predatory interaction between *L. sp. aff. ornata* and a Common House gecko. Isolated instances of predation events remain noteworthy, as they contribute to a comprehensive understanding of snake ecology (Griesbaum et al., 2023). There is a strong interconnectedness between snakes

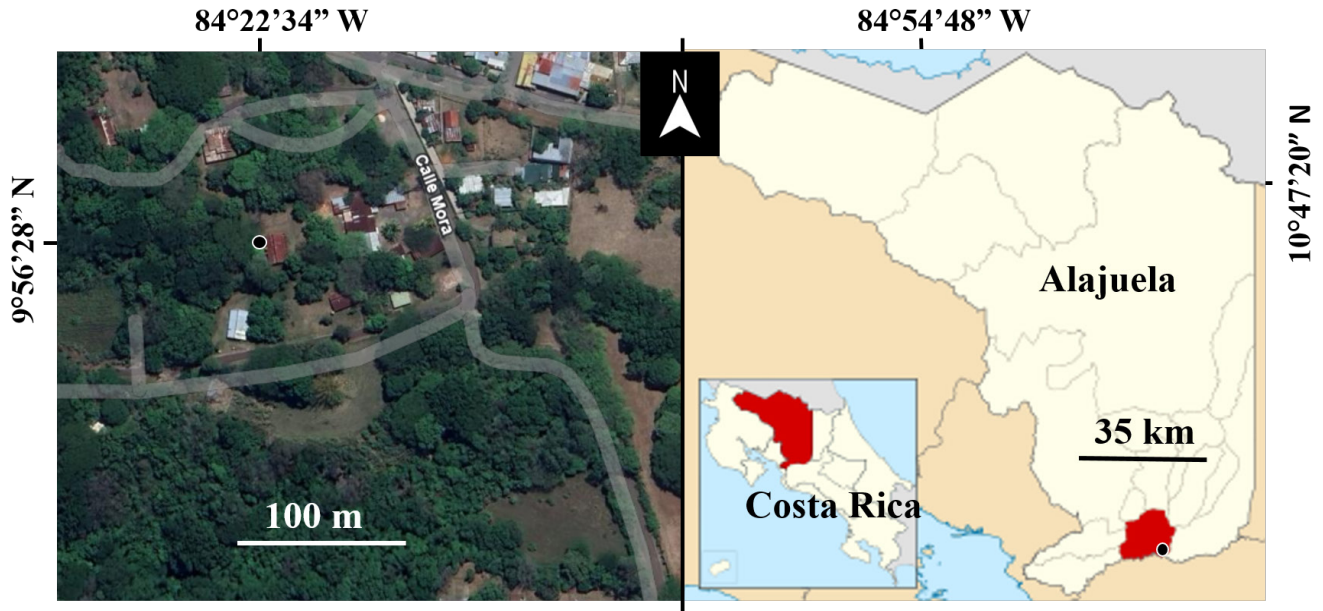


Figura 1. Sitio de observación (punto negro) en donde una serpiente ojigata *Leptodeira* sp. aff. *ornata*, depreda a un gecko común, *Hemidactylus frenatus*, en el campus Atenas de la Universidad Técnica Nacional, Balsa, cantón de Atenas (resaltado en rojo) en la provincia de Alajuela (delineada en blanco pero mostrada en rojo en el mapa de Costa Rica). Figura basada en Google Earth (sección izquierda) y Wikipedia bajo licencia Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 license (sección derecha).

Figure 1. Observation site (black dot) where a Cat-eyed snake, *Leptodeira* sp. aff. *ornata*, predated a Common House gecko, *Hemidactylus frenatus*, at the Atenas campus of Universidad Técnica Nacional, Balsa, Atenas County (highlighted in red) in Alajuela Province (outlined in white but shown in red on the map of Costa Rica). Figure based on Google Earth (left section) and Wikipedia under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 license (right section).



Figura 2. Una serpiente ojigata, *Leptodeira* sp. aff. *ornata*, consumiendo un gecko común, *Hemidactylus frenatus*, capturado dentro de un refrigerador en un dormitorio en el campus Atenas, Universidad Técnica Nacional, Balsa, cantón de Atenas Alajuela, Costa Rica. Foto: Kevian Quirós Mena.

Figure 2. A Cat-eyed snake, *Leptodeira* sp. aff. *ornata*, consuming a Common House gecko, *Hemidactylus frenatus*, captured inside a fridge of a dormitory at the Atenas campus, Universidad Técnica Nacional, Balsa, Atenas County, Alajuela, Costa Rica. Photo: Kevian Quirós Mena.

and their prey (Zipkin et al., 2020), as evidenced by the decline in a snake community following the disappearance of amphibian communities in the same area (Griesbaum et al., 2023). Despite this, certain herpetofauna, including snakes, show adaptability to human-impacted habitats and exploit common and even introduced species (Marín & Mora, 2019).

Predators' choice of prey is influenced by their hunting behavior and the types of habitats they inhabit (Van Sluys & Rocha, 1998; Marín & Mora, 2019). The invasion of new habitats by native or non-native species creates novel predator-prey relationships, particularly noticeable in opportunistic species residing in human settlements. Such settlements often offer abundant and unconventional resources for certain species (Marín & Mora, 2019).

Various species of geckos, such as the Common House gecko, have been introduced globally and are often found indoors (Neogi & Islam, 2017). These geckos are commonly observed at night clinging to walls, doors, and other surfaces near electric lights (Lee, 2000), where they can be exposed to predation by the Cat-eye snake.

Another key point is that, unlike the Black-banded Cat-eyed snake, *L. nigrofasciata* Günther, 1868, which constricted a Yellow-bellied gecko *Phyllodactylus tuberculatus* Wiegmann, 1834 with loops around its body (Mora et al., 2020), this snake did not employ such constriction. *Leptodeira* sp. aff. *ornata* ingested the Common House gecko starting from the tail, whereas the Black-banded Cat-eyed snake began ingesting the Yellow-bellied gecko from the head (Mora et al., 2020). Ingestion time in this case was 6 min compared to 31 min for the Black-banded Cat-eyed snake.

This finding suggests potential foraging behavior of *L. sp. aff. ornata* in semi-urban areas, highlighting another instance of opportunism in its dietary preferences. Documenting instances of predation by this species is crucial for better understanding its typical and unusual feeding patterns, including activity periods, preferred substrates, and types of prey.

Acknowledgements.— We appreciate the constructive feedback from two anonymous reviewers for their valuable corrections and suggestions to enhance this manuscript. JMM acknowledges Emilce Rivera, Department Head of Ecotourism Management at the Central Campus, and LIL acknowledges Uriel Rojas, from the Food Technology Engineering Department at the Atenas Campus, both of the Universidad Técnica Nacional (UTN), for their support.

LITERATURE CITED

- Abarca, J.G., E. Hidalgo-Mora, R. Ramírez-Campos & A. Valverde-Castillo. 2021. Predation of a Legler's Stream Frog, *Duellmanohyla legleri* (Anura: Hylidae), by an Ornate Cat-eyed snake, *Leptodeira* cf. *ornata* (Squamata: Dipsadidae). *IRCF Reptiles & Amphibians* 28:218-219.
- Ali, Z. & H. Ali. 2022. A Cat-eyed snake (*Leptodeira* aff. *ornata* 2) preying on a Wood-colored Salamander (*Bolitoglossa lignicolor*). *IRCF Reptiles & Amphibians* 29:294-295.
- Antúnez-Fonseca, C.A., W.J. Alvarado-Ortiz, O.R. Suazo-Ortega, A.J. Salguero-Sánchez & C.L. Barrio-Amorós. 2023. Ampliación de la distribución de *Leptodeira septentrionalis* polysticta (Squamata: Dipsadidae) en Honduras, con comentarios sobre su biogeografía. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:90-95.
- Arias, E., G. Chaves, A. García-Rodríguez & M.J. Ryan. 2015. Predation of *Rhaebo haematiticus* (Anura: Bufonidae) by *Leptodeira septentrionalis* (Serpentes: Dipsadidae) in Costa Rica. *Mesoamerican Herpetology* 2:563-566.
- Arroyo-Trejos, I. & J.M. Mora. 2016. Internal organ ingestion as an alternative feeding behavior for the Northern Cat-eyed snake (*Leptodeira septentrionalis*). *Mesoamerican Herpetology* 3:153-156.
- 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.
- Castro-Tafolla, D.M. & V. Vásquez-Cruz. 2024. Depredación de *Geophis semidoliatus* (Squamata: Colubridae) por *Leptodeira septentrionalis* (Squamata: Colubridae). *Revista Latinoamericana de Herpetología* 7:99-101.
- Costa, J.C.L., R. Graboski, F.G. Grazziotin, H. Zaher, M.T. Rodrigues & A.L.C. Prudente. 2022. Reassessing the systematics of *Leptodeira* (Serpentes, Dipsadidae) with emphasis in the South American species. *Zoologica Scripta* 51:414-432.
- Das, I. 2010. *A Field Guide to the Reptiles of Southeast Asia*. New Holland Publishers Ltd. London, UK.
- Daza, J.M., E.N. Smith, V.P. Páez & C.L. Parkinson. 2009. Complex evolution in the Neotropics: the origin and diversification of the widespread genus *Leptodeira* (Serpentes: Colubridae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 53:653-667.



- Dougherty, R. & A. Lisondro. 2023. Predation of the anurans *Agalychnis callidryas*, *Boana rosenbergi*, and *Engystomops pustulosus* by the snakes *Leptodeira ornata* and *Leptodeira rhombifera* in an artificial pond. *Herpetology Notes* 16:507-516.
- Duellman, W.E. 1958. A monographic study of the colubrid snake genus *Leptodeira*. *Bulletin of American Museum of Natural History* 114:1-152.
- Gamez-Duarte, E.A., J.D. Jacobo-González, J.M. Manríquez-Soto, H. Castro-Bastidas & J.M. Serrano. 2024. Necrophagy in two snake species of the genus *Leptodeira* (Squamata: Dipsadidae). *Revista Latinoamericana de Herpetología* 7:123-128.
- Griesbaum, F., T. Lindner, S. Bock, M. Ernst, K. Neira-Salamea, V. Moreira, S. Erazo, J. Penner & M.O. Rödel. 2023. Nine predation events by snakes from the Chocó rainforest of Ecuador. *Herpetology Notes* 16:749-756.
- Lee, J.C. 2000. *A Field Guide to the Amphibians and Reptiles of the Maya World, the Lowlands of Mexico, Northern Guatemala and Belize*. Comstock Publishing Associate and Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- López, L.I. & J.M. Mora. 2021. A failed predation attempt by *Chrysopelea paradisi* (Serpentes: Colubridae) on *Hemidactylus frenatus* (Squamata: Gekkonidae) in Borneo, Malaysia. *Phyllomedusa: Journal of Herpetology* 20:203-207.
- Marín, P. & J.M. Mora. 2019. Predation event of Milk frog *Trachycephalus typhonius* (Anura: Hylidae) on a Common House gecko *Hemidactylus frenatus* (Squamata: Gekkonidae). *Revista Latinoamericana de Herpetología* 5:127-132.
- 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
- Mora, J.M. 1999. *Leptodeira annulata* (Culebra Desteñida, Banded Cat-eyed snake). *Diet*. *Herpetological Review* 30:102.
- Mora, J.M., J. Ramírez-Alvarado, J. Alpizar-Rodríguez, A. Rodríguez-Picado, S. Gallo-Gutiérrez & L.J. Alfaro-Rodríguez. 2020. Predation by a Black-banded Cat-eyed snake, *Leptodeira nigrofasciata* Günther 1868 (Squamata: Dipsadidae) on a Yellow-bellied gecko, *Phyllodactylus tuberculosis* Wiegmann 1834 (Squamata: Phyllodactylidae) in northwestern Costa Rica. *IRCF Reptiles & Amphibians* 27:96-97.
- Neogi, A.K. & M.N. Islam. 2017. Predation of Common House Gecko *Hemidactylus frenatus* Schlegel, 1836 by Giant Crab Spider *Heteropoda venatoria* Linnaeus, 1767. *Zoo's Print* 32:22-24.
- Núñez Escalante, R. & D. Garro Acuña. 2020. Predation of a Plantation Glassfrog, *Hyalinobatrachium colymbiophylum* (Anura: Centrolenidae), by an Ornate Cat-eyed snake, *Leptodeira ornata* (Squamata: Dipsadidae), Costa Rica. *IRCF Reptiles & Amphibians* 27:489-490.
- Núñez Escalante, R., C. Alvarado Acuña & A. Alvarado Acuña. 2021. Second report of ophiophagy in a Cat-eyed snake (*Leptodeira* sp.) in Costa Rica. *IRCF Reptiles & Amphibians* 28:102-103.
- Oliveira, I.B., A.A. Camacho, A. Rocha & P.F. Viana. 2023. Unusual behaviours or just random and rare findings? Report of an event of necrophagy by the Cat-eyed snake, *Leptodeira ashmeadii* (Squamata: Dipsadidae). *Herpetology Notes* 16:63-64.
- Parmar, D.S. & S.K. Tank. 2019. *Herpetofauna of Veer Narmad South Gujarat University, Surat, India*. *IRCF Reptiles and Amphibians* 26:21-34.
- Santos-Silva, C.R., I.S. Andrade, M.L.N. Araujo, L.C.S. Barros, Gomes & S.F. Ferrari. 2014. Predation of six anuran species by the banded cat-eyed snake, *Leptodeira annulata* (Serpentes: Dipsadidae), in the Caatinga scrub of north-eastern Bahia, Brazil. *Herpetology Notes* 7:123-126.
- Savage, J.M. 2002. *The Amphibians and Reptiles of Costa Rica: A Herpetofauna Between Two Continents, Between Two Seas*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Solórzano, A. 2022. *Serpientes de Costa Rica: Distribución, Taxonomía e Historia Natural*. Segunda Ed. Litografía e Imprenta LIL S.A., San José, Costa Rica.
- Torres-Carvajal, O., J.C. Sanchez-Nivicela, V. Posse, E. Celi & C. Koch. 2020. A new species of Cat-eyed snake (Serpentes: Dipsadinae: Leptodeirini) from the Andes of southern Ecuador. *Zootaxa* 4895:357-380.
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar, F. Reyes, J. Kudera & J. Hošek (Eds.). 2023. *The Reptile Database*. <http://www.reptile-database.org>. (accessed on June 2024)
- Van Sluys, M. & C.F.D. Rocha. 1998. Feeding habitats and microhabitats utilization by two syntopic Brazilian Amazonian

frogs *Hyla minuta* and *Pseudopaludicola* sp. (gr. *falcipes*). Revista Brasileira de Biologia 58:559-562.

Zipkin, E.F., G.V. DiRenzo, J.M. Ray, S. Rossman & K.R. Lips. 2020. Tropical snake diversity collapses after widespread amphibian loss. Science 367:814-816.



REPORTE DE CANIBALISMO EN *LEPTODACTYLUS BUFONIUS* (BOULENGER, 1894) (ANURA: LEPTODACTYLIDAE)

REPORT OF CANNIBALISM IN *LEPTODACTYLUS BUFONIUS* (BOULENGER, 1894) (ANURA: LEPTODACTYLIDAE)

Francisco Iribas^{1,2*}, Juan Aragon-Traverso^{1,2}, Luciana Gordillo^{1,2}, Lorena Quiroga^{1,2} & Eduardo Sanabria^{1,2,3}

¹Instituto de Ciencias Básicas, Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes, Universidad Nacional de San Juan. Av. José Ignacio de la Roza 230 (O). Capital. San Juan. Argentina.

²Consejo Nacional de Ciencia y Técnica. Godoy Cruz 2320. Buenos Aires. Argentina.

³Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza. Padre Jorge Contreras 1300. Mendoza. Argentina.

*Correspondence: iribasfrancisco@conicet.gov.ar

Received: 2024-07-30. Accepted: 2024-10-22. Published: 2025-01-24.

Editor: Marissa Fabrezi, Argentina.

Abstract.— Leptodactylidae is one of the most diverse families of anurans in the world (239 species) and has a wide distribution in the American continent. Their feeding habits reflect this diversity, showing multiple strategies. Cannibalism in this family has been reported at different life cycle stages and is evident among adults. We report a case of cannibalism in *Leptodactylus bufonius* (Anura: Leptodactylidae) evidenced after regurgitation by an adult individual during the acclimation period in a study of water balance. This report contributes to the evidence of the generalist diet of the genus *Leptodactylus* and is the first report of cannibalism for this species.

Keywords.— Argentina, Monte Desert, Vizcacha frog, predation, regurgitation.

Resumen.— Leptodactylidae es una de las familias de anuros más diversas del mundo (239 especies) y posee una amplia distribución en el continente americano. Sus hábitos de alimentación reflejan esta diversidad mostrando múltiples estrategias. El canibalismo en esta familia ha sido reportado en diferentes momentos del ciclo de vida, y es evidente entre los adultos. Nosotros reportamos un caso de canibalismo en *Leptodactylus bufonius* (Anura: Leptodactylidae) evidenciado luego de una regurgitación por parte de un individuo adulto durante el período de aclimatación en un estudio de balance hídrico. Este reporte contribuye a la evidencia de la dieta generalista del género *Leptodactylus* y es el primer reporte de canibalismo para esta especie.

Palabras clave.— Argentina, Depredación, Desierto del Monte, Rana Vizcachera, Regurgitación.

Los anfibios ocupan distintos lugares del nicho en un ecosistema de acuerdo a su etapa de vida, tamaño corporal, dieta y uso del hábitat (Wells et al., 2007). En la alimentación de las ranas adultas existen diversas estrategias que muchas veces son intermedias entre el especialismo y oportunismo (Kuzmin, 1991; Duellman & Trueb, 1994). El canibalismo en particular puede asociarse a situaciones de alta densidad poblacional, o baja disponibilidad de recursos alimenticios apropiados (Lopez et al., 2005; Toledo et al., 2007; Pizzatto et al., 2008). Las especies de la familia Leptodactylidae se caracterizan por tener una dieta generalista y una estrategia de captura del tipo “sit and wait” (Sanabria & Quiroga, 2009; Solé & Rödder, 2010). En este grupo animal se han reportado casos de canibalismo conespecífico, como así también la ingesta de otras especies de

anuros (Toledo et al., 2007; Cavalheri et al., 2023). *Leptodactylus bufonius* (Boulenger, 1894), comúnmente conocida como rana vizcachera, es un anuro de tamaño pequeño con una longitud hocico-cloaca (LHC) que varía entre los 44 y 62 mm, de hábitos nocturnos (Schalk & Leavitt, 2017). Además, esta especie habita en la gran ecorregión sudamericana del Monte de Llanuras y Mesetas caracterizada por vegetación xerófila de los géneros *Larrea*, *Acacia*, *Neltuma* y *Suaeda* (Pol et al., 2005). Su presencia en Argentina se ha reportado en las provincias de Catamarca, Córdoba, Chaco, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Jujuy, La Rioja, Mendoza, Misiones, Salta, San Luis, Santa Fe, Santiago del Estero, Tucumán y San Juan (Sanabria et al., 2009; 2015; Vaira et al., 2012). Duré y Kehr (2004) realizaron un estudio a largo plazo de la dieta de *L. bufonius* en condiciones de campo,

no reportando como ítem presa la presencia de anuros. Nosotros reportamos aquí el primer caso de canibalismo en *L. bufonius* (Anura: Leptodactylidae).

Durante la noche del 9 de febrero de 2023 realizamos búsquedas y captura de individuos mediante la técnica de encuentro visual (Pereyra et al., 2021) en la franja horaria comprendida entre las 20:00 h y las 23:00 h en las márgenes de un cuerpo de agua léntico y temporal, situado en la localidad de Marayes, departamento Caucete, San Juan, Argentina (31.49475° S, 67.33452° W; WGS84; Altitud: 592 m s.n.m., Fig. 1A). En el sitio de estudio se encontraban presentes otras especies de anuros tales como *Rhinella arenarum* y *Pleurodema nebulosum*.

Capturamos nueve individuos adultos de *L. bufonius*, los que fueron individualizados en recipientes plásticos (13 × 13 × 11 cm) que contenían un centímetro de agua del sitio donde fueron capturados los ejemplares. A posteriori fueron trasladados al laboratorio, se removió el agua de traslado y se colocó un trozo de papel húmedo con agua sin cloro para proveer refugio e hidratación. Los ejemplares se colocaron en incubadora a 25° C con ciclo de 12h/12h luz/oscuridad. Los animales fueron mantenidos en condiciones de ayuno durante las primeras 24 h. Transcurrido ese período se revisó su estado, observándose un individuo regurgitado en el recipiente el cual se encontraba parcialmente digerido (Fig. 1 C y D). De acuerdo a su tamaño y caracteres morfológicos aún distinguibles (morfología del

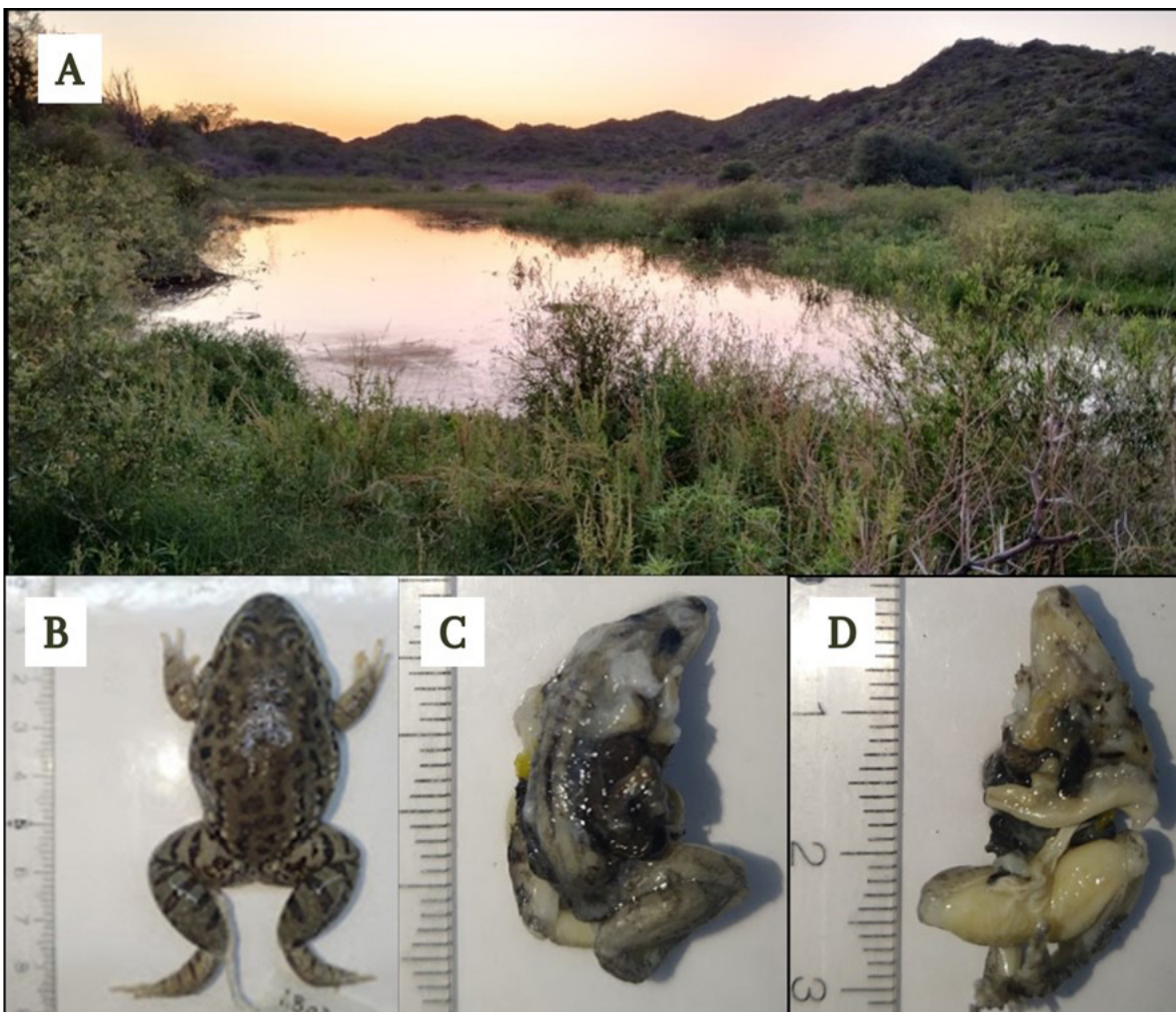


Figure 1. Collection site, temporary lentic pond, in the locality of Marayes, Caucete Department, San Juan, Argentina (A); adult male *Leptodactylus bufonius* (predator) (B); regurgitated juvenile *Leptodactylus bufonius* (prey) (C and D). Photos: Francisco Iribas.

Figura 1. Sitio de colecta, laguna temporal de tipo léntica, en la localidad de Marayes, Departamento Caucete, San Juan, Argentina (A); macho adulto de *Leptodactylus bufonius* (depredador) (B); juvenil de *Leptodactylus bufonius* regurgitado (presa) (C y D). Fotos: Francisco Iribas.

Table 1. Morphometric measurement values of the *Leptodactylus bufonius* (prey) and *Leptodactylus bufonius* (predator). Snout-vent length (LHC), mandible width (AM), body weight (Peso), dorso-ventral height (ADV), body width (BW), and volume (V).

Tabla 1. Valores morfométricos de la *Leptodactylus bufonius* (presa) y *Leptodactylus bufonius* (depredador) Largo hocico-cloaca (LHC), ancho de la mandíbula (AM), peso corporal (Peso), alto dorso ventral (ADV), ancho corporal (An) y volumen (V).

	LHC (mm)	AM (mm)	Peso (gr)	ADV (mm)	An (mm)	V (mm ³)
Presa	23.50	4.60	0.90	6.71	10.12	16,873.89
Depredador	52.50	17.27	19.20	17.40	26.29	126,312.97

hocico y disposición de manchas en la piel de las extremidades posteriores), identificamos al mismo como un ejemplar juvenil de *L. bufonius*. Registramos el peso de ambos individuos (depredador y presa) con una balanza digital (RADWAG WTC 200 ± 0.001 g), así como el largo hocico-cloaca (LHC) y ancho de mandíbula a la altura de las comisuras (AM) con un calibre digital de precisión 0.01mm. El juvenil, fue fijado con formol al 10 % y conservado en alcohol al 70 %. Mientras que el individuo adulto se mantuvo con vida durante una semana en incubadora, ya que fue utilizado en otra investigación, de acuerdo a las recomendaciones éticas del lugar de trabajo. El individuo juvenil de *L. bufonius* (presa) y el adulto (depredador) poseen valores de LHC, peso y AM detallados en la Tabla 1. A partir de los valores morfométricos obtenidos se calculó el volumen de

cada individuo mediante el modelado de un elipsoide (Griffiths & Mylotte, 1987) (Tabla 1).

$$V = \frac{4}{3} \times \pi \times An \times ADV \times LHC$$

Donde el ancho (An) es la medida comprendida en la zona media del animal, el LHC comprende desde el extremo de la cabeza hasta la cloaca, ambos desde una perspectiva dorsal. El alto dorso ventral (ADV) es la medida desde el vientre hasta dorso tomada en vista lateral (Fig. 2).

Una vez finalizados los estudios los individuos fueron depositados en la Colección Biológica de Vertebrados del

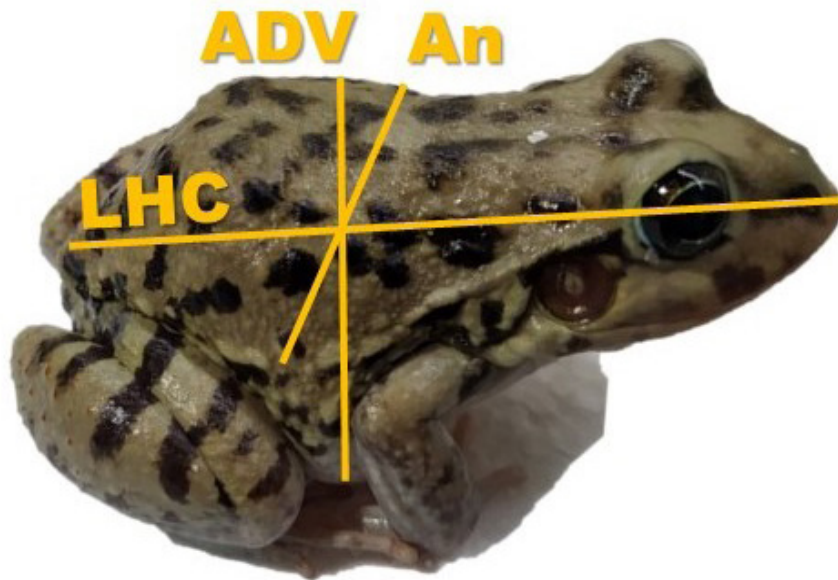


Figure 2. Adult male of *Leptodactylus bufonius* (predator). Illustration of the morphometric measurements taken on the animals. The width (An) is the measurement taken at the midpoint of the animal, the snout-vent length (LHC) extends from the tip of the head to the cloaca, both from a dorsal perspective. The dorso-ventral height (ADV) is the measurement from the belly to the dorsal side taken in lateral view. Photos: Francisco Iribas.

Figura 2. Macho adulto de *Leptodactylus bufonius* (depredador). Imagen ilustrativa sobre las medidas morfométricas tomadas sobre los animales. Donde el ancho (An) es la medida comprendida en la zona media del animal, el largo hocico cloaca (LHC) comprende desde el extremo de la cabeza hasta la cloaca, ambos desde una perspectiva dorsal. El alto dorso ventral (ADV) es la medida desde el vientre hasta dorso tomada en vista lateral. Foto: Francisco Iribas.

Instituto de Ciencias Básicas, FFHA-UNSJ con los números ECRA-1832 (presa) y ECRA-1842 (depredador).

El canibalismo es un comportamiento que ha sido reportado con frecuencia en los anuros de la familia Leptodactylidae (Achaval & Olmos, 1997; Teixeira & Vrcibradic, 2003; França et al., 2004; Sanabria et al., 2005; Toledo et al., 2007; Cavalheri et al., 2023). Aquí reportamos el primer caso de canibalismo para *L. bufonius* en el desierto del Monte. Los beneficios del canibalismo son claros, los conespecíficos son una fuente adicional de nutrientes aumentando la supervivencia del depredador en ambientes con escasez de recursos (Lindenbaum, 2004). Además, reduce la futura competencia intraespecífica y regula la densidad poblacional (Wise, 2006; Crossland et al., 2011). Podemos considerar que el Desierto del Monte es una región donde los recursos son limitados, y las ranas que en ella viven están especializadas en la alimentación, probablemente *L. bufonius* sea un caníbal casual, ya que la frecuencia de este comportamiento es aparentemente baja y puede estar relacionada con la escasez de recursos disponibles y la elevada densidad poblacional. La baja disponibilidad de alimento adecuado y la explosión poblacional debido a la metamorfosis de las larvas, convierten a los infantiles de la especie en un recurso altamente beneficioso para la alimentación.

Observamos que el depredador posee la capacidad de ingerir presas de gran tamaño, ya que el juvenil depredado equivale al 13.34 % del volumen del depredador. El desierto es un ambiente hostil, donde las presas potencialmente nutritivas son escasas, en este tipo de ambientes probablemente el comportamiento caníbal sea una estrategia frente a la falta de ítems presas nutritivos.

Agradecimientos.— Nos gustaría agradecer a la Universidad Nacional de San Juan por su apoyo y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas por permitir realizar ciencia en Argentina. Las autorizaciones para el manejo y captura de animales fueron otorgadas por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo de San Juan, según el expediente N° 1300-001371-2022.

LITERATURA CITADA

- Achaval, F.A. & A. Olmos. 1997. Anfibios y reptiles del Uruguay. Barreiro & Ramos S.A, Montevideo, Uruguay.
- Boulenger, G.A. 1894. List of reptiles and batrachians collected by Dr. J. Bohls near Asuncion, Paraguay. *Journal of Natural History* 13:342-348.
- Cavalheri, D., J.F.C. Carrillo, V. dos Santos Souza & D.J. Santana. 2023. Two records of anurophagy in *Leptodactylus macrosternum* from Cerrado, Brazil, with a review list of cases for the genus *Leptodactylus* (Anura: Leptodactylidae). *Caldasia* 45:136-150.
- Crossland, M.R., M.N. Hearnden, L. Pizzatto, R.A. Alford & R. Shine, 2011. Why be a cannibal? The benefits to cane toad, *Rhinella marina* (*Bufo marinus*), tadpoles of consuming conspecific eggs. *Animal Behaviour* 82:775-782.
- Duellman, W.E. & L. Trueb. 1994. *Biology of Amphibians*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, USA.
- Duré, M.I. & A.I. Kehr. 2004. Influence of microhabitat on the trophic ecology of two leptodactylids from northeastern Argentina. *Herpetologica* 60: 295-303.
- França, L.F., K.G. Facure & A.A. Giaretta. 2004. Trophic and spatial niches of two large-sized species of *Leptodactylus* (Anura) in southeastern Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 39:243-248.
- Griffiths, R.A. & V.J. Mylotte. 1987. Microhabitat selection and feeding relations of smooth and warty newts, *Triturus vulgaris* and *T. cristatus*, at an upland pond in mid-Wales. *Holarctic Ecology* 10:1-7.
- Kuzmin, S.L. 1991. The ecology and evolution of amphibian cannibalism. *Journal of the Bengal Natural History Society* 10:11-27.
- Lindenbaum, S. 2004. Thinking about cannibalism. *Annual Review of Anthropology* 33:475-498.
- Lopez, J.A., P. Peltzer & R.C. Lajmanovich. 2005. Dieta y solapamiento del subnicho trófico de nueve especies de leptodactílidos en el Parque General San Martín (Argentina). *Revista Española de Herpetología* 19:19-31.
- Pereyra, L., E. Etchepare & M. Vaira. 2021. *Manual de Técnicas y Protocolos para el Relevamiento y Estudio de Anfibios de Argentina*, Editorial de la Universidad Nacional de Jujuy, San Salvador de Jujuy, Argentina.
- Pizzatto, L., T. Child & R. Shine. 2008. Why be diurnal? Shifts in activity time enable young cane toads to evade cannibalistic conspecifics. *Behavioral Ecology* 19:990-997.



- Sanabria, E.A., L.B. Quiroga & J.C. Acosta. 2005. Dieta de *Leptodactylus ocellatus* (Linnaeus, 1758) (Anura: Leptodactylidae) en un humedal del oeste de Argentina. *Revista Peruana de Biología* 12:473-477.
- Sanabria, E. & L. Quiroga. 2009. Actualización de la herpetofauna del Parque Provincial Ischigualasto: Comentarios sobre su distribución. *Cuadernos de Herpetología* 23:55-59.
- Sanabria, E.A., S.C. Vergara Alvarez, P. Wetten, J.H. Aragón y Traverso & E. González. 2015. *Leptodactylus bufonius* (Boulenger, 1894) (Anura, Leptodactylidae). Ampliación del rango de distribución para la provincia de San Juan (República Argentina). *Cuadernos de Herpetología*, 29:167-168.
- Schalk, C.M. & D.J. Leavitt. 2017. *Leptodactylus bufonius*. *Catalogue of American Amphibians and Reptiles* 905:1-22.
- Solé, M. & D. Rödder. 2010. Dietary assessments of adult amphibians. In Dodd, C.K. (Ed.) *Amphibian Ecology and Conservation: a Handbook of Techniques*. Oxford, New York, New York, USA.
- Teixeira, R.L. & D. Vrcibradic. 2003. Diet of *Leptodactylus ocellatus* (Anura: Leptodactylidae) from coastal lagoons of southeastern Brazil. *Cuadernos de Herpetología* 17:111-118.
- Toledo, L.F., R.S. Ribeiro & C.F.B Haddad. 2007. Anurans as prey: an exploratory analysis and size relationships between predators and their prey. *Journal of Zoology* 271: 170-177.
- Pol, R.G., S.R. Camín & A.A. Astié. 2005. La Situación Ambiental Argentina. Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires, Argentina.
- Vaira, M., M.S. Akmentins, M. Attademo, D. Baldo, D. Barrasso, S. Barrionuevo, N. Basso, B. Blotto, S. Cairo, R. Cajade, J. Céspedes, V. Corbalán, P. Chilote, M. Duré, C. Falcione, D. Ferraro, F.R. Gutierrez, M.D.R. Ingaramo, C. Junges, R. Lajmanovich, J. Lescano, F. Marangoni, L. Martinazzo, R. Marti, L. Moreno, G. Natale, J. Perez 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.
- Wells, K.D. 2007. *The Ecology and Behavior of Amphibians*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Wise, D.H. 2006. Cannibalism, food limitation, intraspecific competition, and the regulation of spider populations. *Annual Review of Entomology* 51:441-465.



DEPREDACIÓN DE *ATRACTUS CRASSICAUDATUS* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) POR *TURDUS FUSCATER* (PASSERIFORMES: TURDIDAE) EN LA SABANA DE BOGOTÁ, COLOMBIA

DEPREDATION OF *ATRACTUS CRASSICAUDATUS* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) BY *TURDUS FUSCATER* (PASSERIFORMES: TURDIDAE) IN THE SAVANNAH OF BOGOTÁ, COLOMBIA

Gioyany Díaz^{1*} & Sergio García-Mieles¹

¹Grupo de Investigación en Ecología y Biogeografía, Universidad de Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

*Correspondence: fjiodiaz24@gmail.com

Received: 2024-08-28. Accepted: 2024-10-28. Published: 2025-01-31.

Editor: Jenny Urbina, Colombia.

Abstract.— Through a fortuitous encounter in a disturbed area within the savannah of Bogotá, the interaction between the endemic Thickhead ground snake (*Atractus crassicaudatus*) and the common Great thrush (*Turdus fuscater*) was observed. The first predator for *A. crassicaudatus* and the first snake included in the diet of *T. fuscater* were audio-visually reported, with comments on predation behavior.

Keywords.— Natural history, predator-prey interactions, rural herpetofauna.

Resumen.— Por medio de un encuentro casual en la sabana de Bogotá, se evidencia la interacción entre la endémica culebra sabanera (*Atractus crassicaudatus*) y la mirla común patinaranja (*Turdus fuscater*) en áreas intervenidas. Se reporta audiovisualmente el primer depredador para *A. crassicaudatus* y la primera serpiente incluida en la dieta de *T. fuscater*, con comentarios en el comportamiento de depredación.

Palabras clave.— Herpetofauna rural, historia natural, interacción depredador-presa.

Atractus crassicaudatus es un colúbrido de tamaño pequeño endémico de Colombia (longitud total LT: 400 mm ♂ y 440 mm ♀; longitud cola LC: 35 mm ♂ y 33 mm ♀) (Dunn, 1944; Lynch & Renjifo, 2001). Se distribuye entre los 2,000 y 3,200 m s.n.m. comprendiendo los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Santander y Meta (Lynch & Renjifo, 2001; Paternina & Capera-M, 2017). Los ejemplares de *A. crassicaudatus* se caracterizan por tener seis escamas supralabiales, siete infralabiales, de las cuales tres están en contacto con las mentonianas y cuatro líneas de escamas gulares (Passos & Lynch, 2010). Aunque es una especie polimórfica, generalmente su dorso es de coloración negra con bandas transversales incompletas de color amarillo y el vientre de una mezcla de amarillo y negro, sin embargo, se pueden encontrar individuos con bandas de tonalidades rojo, ocre, gris o naranja (Dunn, 1944). Esta especie se diferencia de sus congéneres más cercanos geográficamente (*A. wagneri* y *A. werneri*) presentando 14-26 escamas subcaudales, 147-170 escamas ventrales, con una cola que representa el 8-13 % de la longitud total del cuerpo (Paternina & Capera-M, 2017).

Actualmente, *A. crassicaudatus* enfrenta amenazas como destrucción del hábitat, cambios potenciales en el nicho térmico producto del calentamiento global y sacrificios injustificados debido a la percepción negativa sobre las serpientes (Paternina & Capera-M, 2017).

En la especie *A. crassicaudatus* rasgos importantes como la termorregulación y la taxonomía han sido estudiados en Colombia, sin embargo, se carece de información detallada sobre otros aspectos de su biología, ecología y comportamiento, donde la dieta y la reproducción son ligeramente mencionados (Dunn, 1944; Lynch & Renjifo, 2001; Paternina & Capera-M, 2017; Zuñiga-Baos, 2020; Paternina-Cruz & Calderón-Espinosa, 2022). Se ha reportado una gran variedad de depredadores del género *Atractus*, entre los que se incluyen otras serpientes del género *Erythrolamprus*, aves del género *Momotus* y crustáceos del género *Eudaniela* (Maitland, 2003; Passos et al., 2010, 2016; Ferreira-Silva et al., 2019; Murphy et al., 2020; George, 2023; Zuñiga-Baos, 2023). En esta nota se presenta el primer registro



Figure 1. *Turdus fuscater* preying on a specimen of *Atractus crassicaudatus*. A) Sequence of frames of the predation behavior, where, *T. fuscater* detects *A. crassicaudatus* (A1) and holds it in its beak (A2), finally hitting it against the ground repeatedly (A3, A4). B) Dorsal view (B1) and lateral view (B2) of the specimen of *A. crassicaudatus*. C) Complete specimen of *A. crassicaudatus* after attempted predation by *T. fuscater*. Photos: Sergio García-Mieles.

Figura 1. *Turdus fuscater* depredando a un ejemplar de *Atractus crassicaudatus*. A) Secuencia de fotogramas del comportamiento de depredación, donde, *T. fuscater* detecta a *A. crassicaudatus* (A1) y es sujetado con el pico (A2), para finalmente ser golpeado contra el suelo en repetidas ocasiones (A3, A4). B) Vista dorsal (B1) y vista lateral (B2) del ejemplar de *A. crassicaudatus*. C) Ejemplar completo de *A. crassicaudatus* tras el intento de depredación por *T. fuscater*. Fotos: Sergio García-Mieles.

de depredación de *A. crassicaudatus* por la especie *T. fuscater* y se considera su papel como depredador natural.

El 8 de mayo de 2024, a las 8:49 h, sobre un camino de piedras dentro de las instalaciones de la finca San Pedro, propiedad de Elite Flowers S.A.S.C.I., ubicada en la zona rural del municipio de Facatativá, Cundinamarca (4° 46' 29" N, 74° 19' 23" W, aproximadamente 2,560 m s.n.m.). Se observó a un ejemplar adulto de mirla patinaranja (*T. fuscater*) sosteniendo con su pico a un individuo de culebra sabanera (*A. crassicaudatus*, ♀, LC: 30 mm, LT: 428 mm, Fig. 1A-C). Esta interacción es posiblemente atribuida a las actividades de remoción de tierras al interior de la finca que obligan el desplazamiento de *A. crassicaudatus*

durante el día. Las especies *T. fuscater* y *A. crassicaudatus* fueron identificadas mediante literatura especializada (Passos & Lynch, 2010; McMullan, 2023). El espécimen no fue colectado ni depositado en una colección biológica, ya que, se priorizó el registro de la interacción.

Aunque el registro audiovisual se realizó poco después de la captura de la presa, se observó al individuo de *T. fuscater* manipulando al ejemplar de *A. crassicaudatus* con su pico mientras estaba aparentemente moribundo, posteriormente (inicio del registro audiovisual) (Fig. 1 A1), la cabeza de la presa es golpeada contra el suelo en repetidas ocasiones, hasta no evidenciar movimientos por parte de *A. crassicaudatus*, lo que

sugiere su muerte, conducta que se ha reportado con regularidad en especies del género *Turdus* con presas como los reptiles (de Mafia et al., 2014; Thompson & Waterstrat, 2016; Hanson, 2022). Tras una serie de golpes el individuo de *T. fuscater* empezó a alimentarse picoteando la superficie ventral de la serpiente (fin del registro audiovisual) (Fig. 1 A4). Este comportamiento se registró en repetidas ocasiones, dado que, la interacción fue constantemente interrumpida por el tránsito de los trabajadores del lugar, dificultando la ingesta total de la presa y obligando al ejemplar de *T. fuscater* a reubicar la presa en un punto donde no fue posible seguir registrando la interacción. Para facilitar la descripción más detallada de la muerte y parte de la ingesta, el registro audiovisual fue compartido mediante el siguiente enlace <https://www.youtube.com/watch?v=3wvcboV3jzk>.

Tanto *A. crassicaudatus* como *T. fuscater* no presentan registros previos de interacción depredador-presa entre ellos u otras especies, no obstante, se conoce con claridad la dieta de *T. fuscater* gracias a registros propios de la especie y del género *Turdus*, la cual incluye frutas de los géneros *Prunus*, *Rubus* y *Myrcianthes*, invertebrados como *Stylommatophora* (caracoles), *Opisthopora* (lombrices) e insectos, con encuentros poco comunes donde se les ha observado alimentándose de pequeños vertebrados como *Gymnophthalmus* y *Tarentola* (lagartijas) (Obeso, 1986; Asociación Bogotana de Ornitología et al., 2000; Clement & Hathway, 2010; Escobar-Riomalo et al., 2020; Reyes, 2021; Sancho, 2022). Este es el primer registro de depredación sobre la especie *A. crassicaudatus* donde se contempla a esta serpiente como parte de la dieta de *T. fuscater*.

Agradecimientos.— A Elite Flowers S.A.S.C. I. por permitir el libre acceso a las instalaciones de la finca San Pedro, en la cual se logró documentar este registro.

LITERATURA CITADA

- Asociación Bogotana de Ornitología., F.G. Stiles, C.I. Bohórquez, C.D. Cadena, S. De La Zerda, M. Hernández, L. Rosselli, M. Kelsey & D. Knapp. 2000. Aves de la Sabana de Bogotá, guía de campo. Asociación Bogotana de Ornitología, Bogotá, Cundinamarca, Colombia.
- de Mafia, P.O., M.R. Corrêa, A.R. do Cruz & C.S. de Azevedo. 2014. Rodent predation by *Turdus leucomelas* (Passeriformes: Turdidae). *Revista Brasileira de Ornitologia* 22:410-412.
- Dunn, E.R. 1944. Los géneros de Anfibios y Reptiles de Colombia, III. Tercera Parte: Reptiles; Orden de las Serpientes. *Caldasia* 12:155-224.
- Clement, P. & R. Hathway. 2010. Thrushes, 1st Edition. Bloomsbury Publishing, London, UK.
- Escobar-Riomalo, M.P., E. Gongora & L.S. Arsitizabal. 2020. Great Thrush (*Turdus fuscater*), in: Birds of the World, Cornell Lab of Ornithology. Versión 1.0. <https://doi.org/10.2173/bow.grethr1.01> [Consultado en septiembre 2024].
- Ferreira-Silva, C., S. Cardozo, E.P. De Alcantara & R.W. Ávila. 2019. Natural history of the rare and endangered snake *Atractus ronnie* (Serpentes: Colubridae) in northeastern Brazil. *Phyllomedusa* 18:77-87.
- George, S.E. 2023. Predation of a Three-lined Snake *Atractus trilineatus* by a Trinidad Black-backed Snake *Erythrolamprus melanotus nesos*. *Living World, Journal of the Trinidad and Tobago Field Naturalists* 2023:172-173.
- Hanson, T. 2022. Predation of a Pacific Tree Frog (*Pseudacris regilla*) by an American Robin (*Turdus migratorius*) on San Juan Island, Washington. *Northwestern Naturalist* 103:190-193.
- Lynch, J. & J. Renjifo. 2001. Guía de Anfibios y Reptiles de Bogotá y sus alrededores. Alcaldía Mayor de Bogotá. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.
- Maitland, D.P. 2003. Predation on snakes by the freshwater land crab *Eudaniela garmani*. *Journal of Crustacean Biology* 23:241-246.
- McMullan, M. 2023. Guía de campo de las Aves de Colombia, Edición 2023. McMullan Birding & Publishers, Cali, Valle del Cauca, Colombia.
- Murphy, J.C., D. Salvi, A.L. Braswell & M.J. Jowers. 2020. Morphology and natural history of Three-lined Snakes, *Atractus trilineatus* (Squamata, Dipsadidae), in the Eastern Caribbean. *Reptiles & Amphibians* 26:189-196.
- Obeso, J.R. 1986. Alimentación del Zorzal charlo (*Turdus viscivorus*) en la Sierra de Cazorla, SE de España. *Doñana Acta Vertebrata* 13:95-02.
- Passos, P., M. Dobey & P.J. Venegas. 2010. Variation and natural History notes on Giant groundsnake, *Atractus gigas* (Serpentes: Dipsadidae). *South American Journal of Herpetology* 5:73-82.
- Passos, P., A. Martins & D. Pinto-Coelho. 2016. Population Morphological Variation and Natural History of *Atractus potschi* (Serpentes: Dipsadidae) in Northeastern Brazil. *South American Journal of Herpetology* 11:188-211.



- Paternina, F. & V.H. Capera-M. 2017. *Atractus crassicaudatus* (Duméril, Bibron y Duméril 1854). Catálogo de anfibios y reptiles de Colombia 3:7-13.
- Paternina-Cruz, F. & M.L. Calderón-Espinosa. 2022. Withstanding cold nights at high elevation: thermal strategy of *Atractus crassicaudatus*, a nocturnal tropical snake endemic to the eastern Andes of Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 93:1-16.
- Passos, P. & J.D. Lynch. 2010. Revision of *Atractus* (Serpentes: Dipsadidae) from middle and upper Magdalena drainage of Colombia. *Herpetological Monographs* 24:149-173.
- Reyes, F.O. 2021. Depredación de *Gymnophthalmus underwoodi* (Squamata: Gymnophthalmidae) por *Turdus plumbeus* (Passeriformes: Turdidae) en República Dominicana. *Novitates Caribaea* 17:196-198.
- Sancho, J.R. 2022. Depredación de *Tarentola mauritanica* por parte de *Turdus merula*. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española* 33:22-23.
- Thompson, C.E. & F. Waterstrat. 2016. American Robin (*Turdus migratorius*) Predation of a Plethodontid Salamander on the Olympic Peninsula, Washington. *Northwestern Naturalist* 97:257-259.
- Zuñiga-Baos, J.A. 2020. *Atractus crassicaudatus* (Thickhead Ground Snake). *New Morphotype*. *Herpetological Review* 51:339-340.
- Zuñiga-Baos, J.A. 2023. *Atractus manizalesensis* (Manizales Ground Snake). *Predation*. *Herpetological Review* 54:307. Henderson, R.W. & L.G. Hoevers. 1977. The seasonal incidence of snakes at a locality in northern Belize. *Copeia* 1977:349-355.



NUEVO REGISTRO DE LA CULEBRA IMITA CORAL COMÚN (*PLIOCERCUS ELAPOIDES*) COPE, 1860 (SQUAMATA: DIPSADIDAE) EN EL SUR DE YUCATÁN, MÉXICO

NEW RECORD OF THE VARIAGATED FALSE CORAL SNAKE (*PLIOCERCUS ELAPOIDES*) COPE, 1860 (SQUAMATA: DIPSADIDAE) IN THE SOUTH OF YUCATAN, MEXICO

Daniel R. Durán-Arceo^{1,2*}, Citlalli N. Segovia-Hernández¹ & Pedro E. Nahuat-Cervera^{1,2}

¹*Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán, Km. 15.5 carretera Mérida-Xmatkuil, Mérida, C.P. 97135, Yucatán, México.*

²*Ekunil Península de Yucatán. Calle 52 x 89 y 93 centro, Mérida, C.P. 97000, Yucatán, México.*

*Correspondence: juanmboeris@gmail.com

Received: 2024-07-30. **Accepted:** 2024-10-22. **Published:** 2025-01-31.

Editor: Ernesto Raya García, México.

Pliocercus elapoides es una serpiente de tamaño pequeño a mediano, alrededor de 780 mm de longitud total (LT), cuerpo esbelto, cabeza distinguible del cuerpo en vista dorsal, ojos de tamaño mediano, pupila redondeada, y cola larga y considerablemente frágil, que puede medir entre el 34 y 46 % de la LT. Las escamas del cuerpo son lisas, tiene 17 hileras de escamas en la mitad del cuerpo y la escama anal es dividida. Su coloración es considerablemente variable a lo largo de su área de distribución. En la península de Yucatán los ejemplares poseen la porción anterior de la cabeza de color negro que contrasta con la barbilla, la parte rostral y la región inferior de las escamas supralabiales anteriores que son de color amarillo inmaculado, y se continúan con un collar amarillo que cruza las escamas parietales, mientras que el color del cuerpo se compone de anillos rojos alternados por anillos negros con bordes amarillos, y las escamas poseen puntos apicales color negro (Lee, 1996; Smith & Chiszar, 2001a; Heimes, 2016).

Su distribución abarca desde el sur de Tamaulipas, en la vertiente del Atlántico, y Oaxaca en la vertiente del Pacífico, hasta la región oeste de Honduras y El Salvador, en Centroamérica. En la Península de Yucatán esta especie es rara vez observada, pero aparentemente posee una distribución continua en el sur de los estados de Campeche y Quintana Roo, no obstante, existen poblaciones aisladas en la región centro y este del estado de Yucatán, y en el norte de Quintana Roo (Lee, 1996). En este escrito se reporta el registro más sureño de *P. elapoides* en el estado de Yucatán, México, y el primero para el municipio de Tekax.

El 2 de julio del 2023 alrededor de las 7:40 h, se encontró un ejemplar de *P. elapoides* (Fig. 1) muerto junto a una construcción

de concreto rodeada por pastizales cultivados y árboles frutales introducidos, dentro del campamento “El Trébol”, localizado en el municipio de Tekax, Yucatán, México (20° 05' 53.7" N, 89° 08' 41.6" W, 28.8 m s.n.m.; Fig. 2). En los alrededores del campamento es posible encontrar cerros bajos con vegetación de selva media subcaducifolia, vegetación secundaria y cultivos agrícolas de riego (milpas). El individuo, de aproximadamente 34 cm de longitud total, presentaba la cola rota, así como heridas en la cabeza y primer tercio del cuerpo (Fig. 1). Una fotografía del ejemplar fue depositada en la colección digital del Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, con el número de catálogo CH-CIB-159; y la identificación taxonómica fue verificada por el M. en C. Gustavo Campillo-García. Esta observación expande la distribución 75 km al sureste del registro más próximo, realizado el 15 de noviembre de 1939 por Edward W. Andrews, en la localidad de Libre Unión, en el municipio de Yaxcabá, Yucatán (Grant et al., 2023), y representa el primer reporte publicado de esta especie en más de 55 años para el estado de Yucatán.

Se tiene conocimiento de un registro bajo el número de catálogo MCZ:Herp:R-46796 (Previamente FMNH 36322), ubicado en el municipio de Cantamayec, Yucatán (GBIF, 2024; HUM y Morris, 2024), a aproximadamente 36 km de nuestra observación; mediante una revisión exhaustiva se encontró que tanto Lee (1996) como Smith & Chiszar (2001) georreferenciaron dicho registro en la localidad de Yokdzonot, municipio de Yaxcabá, Yucatán, a aproximadamente 80 km al noreste de nuestro registro, por lo cual no es incluido en el mapa de distribución (Fig. 3) y se considera un error de interpretación.



Figure 1. Dead specimen of *Pliocercus elapoides* found in the municipality of Tekax, Yucatán, México. (CH-CIB-159), where lesions on the head and in different parts of the body can be observed. Photo: Citlalli N. Segovia-Hernández.

Figura 1. Ejemplar muerto de *Pliocercus elapoides* encontrado en el municipio de Tekax, Yucatán, México. (CH-CIB-159), donde se observan las lesiones de la cabeza y en distintas partes del cuerpo. Foto: Citlalli N. Segovia-Hernández.



Figure 2. Habitat where the individual of *Pliocercus elapoides* was found, municipality of Tekax, Yucatán, in which the cultivation area can be seen, as well as areas of secondary vegetation and medium sub-deciduous forest. Photo: Citlalli N. Segovia-Hernández.

Figura 2. Hábitat donde se encontró el ejemplar de *Pliocercus elapoides*, municipio de Tekax, Yucatán, donde se aprecia el área de cultivo, así como áreas de vegetación secundaria y de selva mediana subcaducifolia. Foto: Citlalli N. Segovia-Hernández.

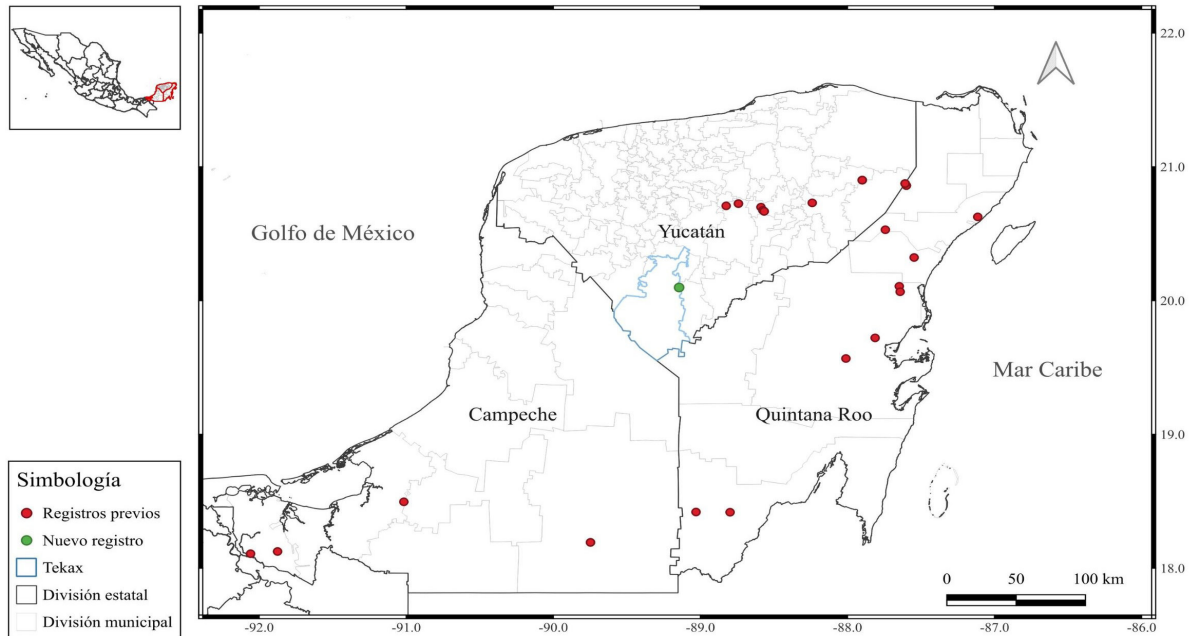


Figure 3. Map of the Yucatán peninsula with the new record of *Pliocercus elapoides*, and previous records obtained from Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2024).

Figura 3. Mapa de la península de Yucatán con el nuevo registro de *Pliocercus elapoides* y registros previos obtenidos de Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2024).

Este registro agrega una nueva localidad de *P. elapoides* en Yucatán. Si bien los registros actuales indican que las poblaciones del norte de la península están aisladas de aquellas en el sur, es posible que en realidad su distribución sea continua, y, debido a la insuficiencia de muestreos en la región y a los hábitos secretivos de la especie, aún no se conozca del todo su distribución dentro de la Península de Yucatán, tal como mencionan Smith and Chiszar (2001).

Agradecimientos.- Agradecemos al M en C. Gustavo Campillo-García por verificar la determinación del ejemplar, y a la Dra. Irene Goyenechea por depositar las fotografías en la colección digital y proporcionarnos su respectivo número de catálogo fotográfico.

LITERATURA CITADA

Diario Oficial de la Federación. 2019. Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010.

Flores-Villela, O. 2023. Formación de una base de datos y elaboración de un atlas de la herpetofauna de México (Anfibios Reptiles). Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/eaiuge> accessed via GBIF.org on 2024-03-07. <https://www.gbif.org/occurrence/1894965951> [Consultado en julio 2024]

GBIF.org. 2024. GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.dzrvp4> [Consultado en octubre 2024]

Grant, S., K. Webbink & A. Resetar. 2023. Field Museum of Natural History (Zoology) Amphibian and Reptile Collection. Version 12.9. Field Museum. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/u2pzhj> accessed via GBIF.org on 2024-03-07. <https://gbif.org/occurrence/668600987> [Consultado en julio 2024]

Harvard University Museum & P.J. Morris. 2024. Museum of Comparative Zoology, Harvard University. Version 162.415. Museum of Comparative Zoology, Harvard University. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/p5rupv> accessed via GBIF.org on 2024-03-07. <https://gbif.org/occurrence/476675121> [Consultado en julio 2024]

- Heimes, P. 2016. Herpetofauna Mexicana, Vol. I. Snakes of Mexico. Edition Chimaira, Frankfurt am Main, Germany.
- Lee, J.C. 1996. The amphibians and reptiles of the Yucatán Peninsula. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- Lee, J., R. Calderón Mandujano, M.A. Lopez-Luna, I. Luque & D. Ariano. 2013. *Pliocercus elapoides*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T63877A3130570. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-2.RLTS.T63877A3130570.en>. [Consultado en agosto 2024]
- Museum of Comparative Zoology, Harvard University. (2024). Paratype of *Pliocercus andrewsi*. <https://mczbase.mcz.harvard.edu/guid/MCZ:Herp:R-46796> [Consultado en agosto 2024]
- Smith, H.M. 1942. Additional notes on Mexican snakes of the genus *Pliocercus*. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 55:159-164
- Smith, H.M. & D. Chiszar. 2001a. *Pliocercus*. Catalogue of American Amphibians and Reptiles 735:1-9.



DEPREDACIÓN DE *THECADACTYLUS RAPICAUDA* (SQUAMATA: PHYLLODACTYLIDAE) POR *LEPTOPHIS MEXICANUS* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) EN QUINTANA ROO, MÉXICO

PREDATION OF *THECADACTYLUS RAPICAUDA* (SQUAMATA: PHYLLODACTYLIDAE) BY *LEPTOPHIS MEXICANUS* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) IN QUINTANA ROO, MEXICO

David Mayor¹, Álvaro Monter-Pozos² & Julio C. Hernández-Hernández^{3*}

¹Investigador independiente. Solidaridad, Quintana Roo, 77722, México

²Investigador independiente. Benito Juárez, Quintana Roo, 77510, México.

³Wild Felids Conservation, Mexico A. C. Chilpancingo, Guerrero, 39100, México.

*Correspondence: biol.julio@gmail.com

Received: 2024-10-22. Accepted: 2024-10-22. Published: 2025-01-31.

Editor: Rodrigo Macip Ríos, México.

Abstract.– The diet of colubrids is highly diverse, including all types of vertebrates. There is evidence that snakes of the genus *Leptophis* feed mainly on frogs, and to a lesser extent on lizards, birds and sometimes other snakes. However, little is known about the natural history of the snake *Leptophis mexicanus*. Based on an observation recorded in southeastern Mexico, we report the first record of *Thecadactylus rapicauda* as part of the diet of *L. mexicanus*, contributing to the trophic ecology of this colubrid.

Keywords.–Diet, predator, trophic ecology, Southeast Mexico.

Resumen.– La dieta de los colúbridos es muy amplia, incluyendo todos los tipos de vertebrados. Existe evidencia de que las serpientes del género *Leptophis* se alimentan principalmente de ranas, y en menor medida de lagartijas, aves y en ocasiones de otras serpientes. Sin embargo, se conocen pocos aspectos sobre la historia natural de la serpiente *Leptophis mexicanus*. Con base en una observación registrada en el sureste de México, reportamos el primer registro de *Thecadactylus rapicauda* como parte de la dieta de *L. mexicanus*, contribuyendo a la ecología trófica de este colúbrido.

Palabras clave.– Dieta, depredador, ecología trófica, sureste de Mexico.

Thecadactylus rapicauda es una especie de gecko de talla grande, que se le denomina comúnmente gecko cola de nabo por la forma cónica gruesa de su cola. Esta especie se distribuye en elevaciones bajas y moderadas de la península de Yucatán a América del Sur y Antillas Menores (Díaz-Gamboa et al., 2020). Su actividad es principalmente nocturna, pero ocasionalmente hay individuos activos durante el día (Vitt & Zani, 1997). Entre los depredadores conocidos del género *Thecadactylus* se encuentran diversas especies de serpientes (Hero & Magnusson, 1987; Campbell, 1998; dos Santos-Costa et al., 2015), aves rapaces (Haverschmidt, 1962; Daza et al., 2017), murciélagos (Goodwin & Greenhall, 1961; Tuttle, 1967; Greene, 1988; Ferrer et al., 1998) y ciempiés (Olson, 1993).

Leptophis mexicanus, conocida comúnmente como culebra perico mexicana, es un colúbrido tanto arborícola como terrestre

que se distribuye desde Tamaulipas a través de la vertiente del Atlántico y discontinuamente a partir de Oaxaca, en el Pacífico y la península de Yucatán, hasta el noroeste de Costa Rica (Wilson & Meyer, 1985). Su dieta está compuesta principalmente de anfibios de las familias Hylidae y Bufonidae (Aguilar-López et al., 2019; Díaz-Gamboa et al., 2020; Hayes, 2023). Sin embargo, también se le ha registrado depredando lagartijas (Henderson, 1982; Fuentes-Montejo & Sánchez 2019), salamandras, huevos de aves (Platt et al., 2016) y pequeñas serpientes como *Ninia diademata* (Henderson & Hoevers, 1977). Aquí reportamos el primer registro de depredación de *L. mexicanus* sobre *T. rapicauda* en el sureste de México.

El día 30 de septiembre de 2023, a las 12:59 h, en el parque Chikin-Ha (20.4992° N, 87.2602° W; datum WGS 84; 9 m s.n.m.), ubicado en el municipio de Solidaridad, Quintana Roo, México,

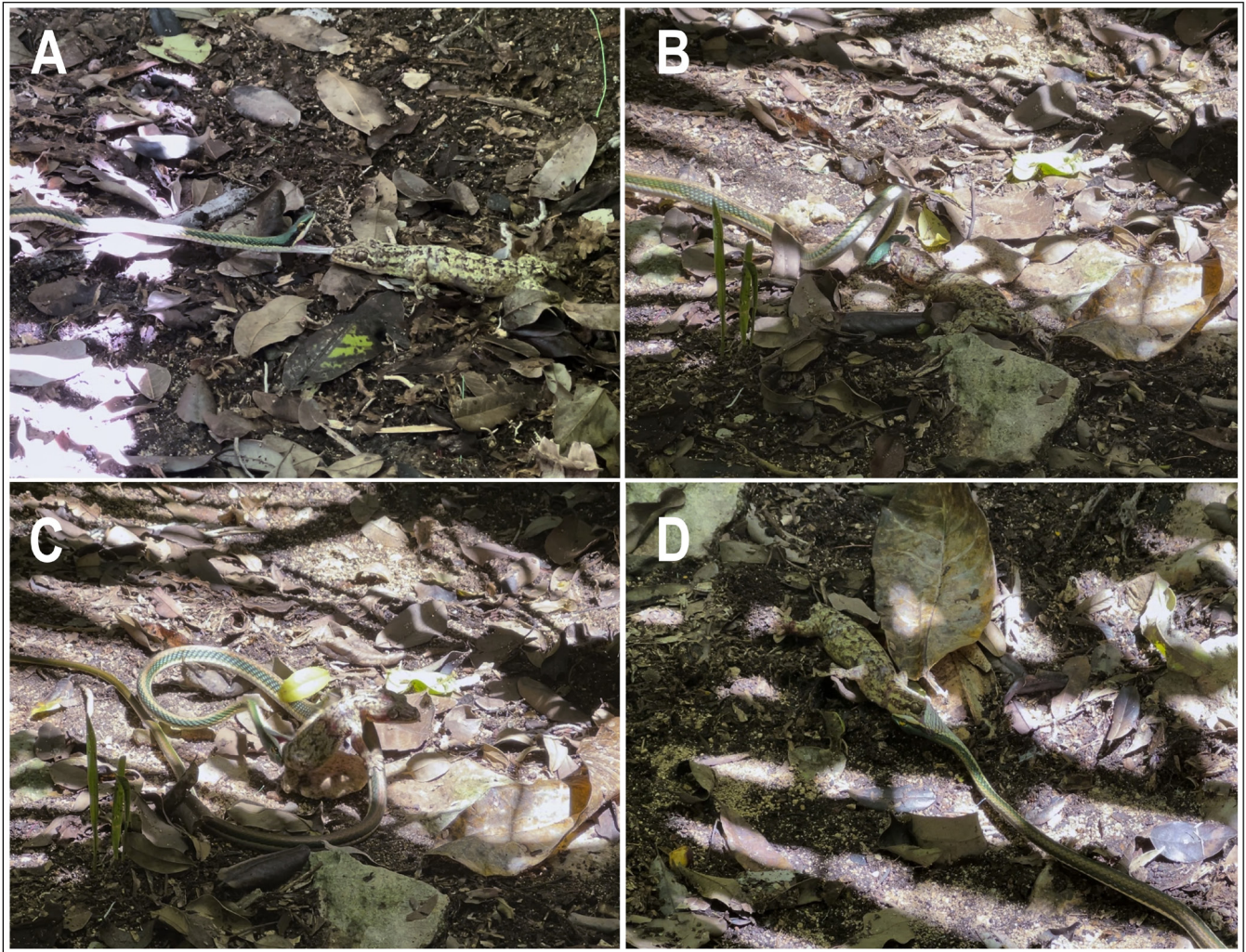


Figure 1. Mexican parrot snake (*Leptophis mexicanus*) preying on a turnip-tailed gecko. A-C: Different views of the Mexican parrot snake securing the gecko while struggling with it. D: Intake of *T. rapicauda*. Photo: David Mayor.

Figura 1. Culebra perico mexicana (*Leptophis mexicanus*) depredando un gecko cola de nabo (*Thecadactylus rapicauda*). A-C: Diferentes vistas de la culebra perico asegurando al gecko mientras forcejeaban. D: Ingesta de *T. rapicauda*. Foto: David Mayor.

se observó la depredación de un individuo de *T. rapicauda* por parte de una *L. mexicanus* (Fig. 1). Al momento de la observación la serpiente tenía atrapado al gecko por la cabeza mientras este realizaba movimientos para escapar. El gecko presentaba varias heridas en gran parte de su cuerpo, además, ya no contaba con la cola. Finalmente, la serpiente sostuvo a la lagartija en su boca por varios minutos para posteriormente tragarlo. Para documentar este evento fotografiamos y grabamos a los organismos sin interrumpir la actividad.

En nuestro conocimiento, esta observación representa el primer registro de depredación de *T. rapicauda* por *L. mexicanus*,

ampliando la dieta de esta especie e incorporando un depredador sobre *T. rapicauda*.

Agradecimientos.— Los autores agradecen a los revisores anónimos por sus comentarios y sugerencias que contribuyeron a la mejora de este trabajo.

LITERATURA CITADA

Aguilar-López, J.L., L. Ortiz-Lozada, K. Pelayo-Martínez & C.A. Hernández-Jiménez. 2019. Four cases of prey-predator interaction (Anuran-Snake through their geographical distribution). *Revista Latinoamericana de Herpetología* 2:31-56.

- Campbell, J.A. 1998. Amphibians and Reptiles of Northern Guatemala, the Yucatán, and Belize, Volume 4. University of Oklahoma Press, Oklahoma, USA.
- Daza, J.D., L. Bension-Price, C.M. Schalk, A.M. Bauer, A. Randall-Borman & J. Kerbis-Peterhans. Predation on Southern Turnip-tailed geckos (*Thecadactylus solimoensis*) by a Spectacled Owl (*Pulsatrix perspicillata*). Cuadernos de Herpetología 31:37-39
- Díaz-Gamboa, L., D. May-Herrera, A. Gallardo-Torres, R. Cedeño-Vázquez, V. González-Sánchez, X. Chiappa-Carrara & C. Yañez-Arenas. 2020. Catálogo de Reptiles de la Península de Yucatán. Universidad Nacional Autónoma de México, Mérida, Yucatán, México.
- dos Santos-Costa, M.C., G.F. Maschio & A.L. da Costa Prudente. 2015. Natural history of snakes from Floresta Nacional de Caxiuanã, eastern Amazonia, Brazil. Herpetology Notes 8:69-98.
- Ferrer P.A., D. Lew & A. Lasso. 1998. Nota sobre depredación por *Trachops cirrhosus* Spix, 1823 (Chiroptera, Phyllostomidae) en Venezuela. Memoria 58:145-148.
- Fuentes-Montejo, C.E. & F. Sánchez. 2019. *Leptophis mexicanus* (Mexican Parrot Snake). Diet. Herpetological Review 50:593-594.
- Goodwin, G.G. & A.M. Greenhall. 1961. A review of the bats of Trinidad and Tobago: descriptions, rabies infection and ecology. Bulletin of the American Museum of Natural History 122:191-301
- Greene, H.W. 1988. Antipredator mechanisms in reptiles. Pp. 1-152. En C. Gans & R.B. Huey (Eds.), Biology of the Reptilia. Volume 16, Alan R. Liss Inc, New York, New York, USA.
- Haverschmidt, F. 1962. Notes on the feeding habits and food of some hawks of Surinam. The Condor 64:154-158
- Hayes, F.E. 2023. Predation by an Oliver's Parrot Snake *Leptophis coeruleodorsus* on a Veined Tree Frog *Trachycephalus typhonius* in Trinidad, West Indies. Living World, Journal of the Trinidad and Tobago Field Naturalists' Club 2023:176-178.
- Henderson, R.W. 1982. Trophic relationships and foraging strategies of some New World tree snakes (*Leptophis*, *Oxybelis*, *Uromacer*). Amphibia-Reptilia 3:71-80.
- Henderson, R.W. & L.G. Hoevers. 1977. The seasonal incidence of snakes at a locality in northern Belize. Copeia 1977:349-355.
- Hero, J.M. & W. Magnusson. 1987. *Leptophis ahaetulla*. Food. Herpetological Review 18:16.
- Olson, R.E. 1993. Brief notes on two Amazonian lizards. Bulletin of the Chicago Herpetological Society 28:119.
- Platt, S.G., T.R. Rainwater, J.C. Meerman & S.M. Miller. 2016. Notes on the diet, foraging behavior, and venom of some snakes in Belize. Mesoamerican Herpetology 3:162-170.
- Tuttle, M.D. 1967. Predation by *Chiropterus auritus* on geckos. Journal of Mammalogy 48:319.
- Vitt, L.J. & P.A. Zani. 1997. Ecology of the nocturnal lizard *Thecadactylus rapicauda* (Sauria: Gekkonidae) in the Amazon region. Herpetologica 53:165-179.
- Wilson, L.D. & J.R. Meyer. 1985. The Snakes of Honduras, 2nd edition. Milwaukee Public Museum, Milwaukee, Wisconsin, USA.



FIRST ASSESSMENT OF THE HERPETOFAUNA OF MUTATÁ, URABÁ SUBREGION, COLOMBIA: A POST-CONFLICT DIVERSITY STUDY

PRIMERA EVALUACIÓN DE LA HERPETOFAUNA DE MUTATÁ, SUBREGIÓN DEL URABÁ, COLOMBIA: UN ESTUDIO DE DIVERSIDAD POSCONFLICTO

Felipe Triana^{1*}, Jeisson Gómez², Fabián Bonilla¹, Marcela Serna³ & Mahmood Sasa^{1,4}

¹Instituto Clodomiro Picado, Facultad de Microbiología, Universidad de Costa Rica, 2060, San José, Costa Rica.

²Grupo de Investigación en Toxinología, Alternativas Terapéuticas y Alimentarias, Universidad de Antioquia, 050010, Medellín, Colombia.

³Grupo de Investigación en Temáticas Agroambientales INTEGRA, Facultad de Ingeniería, Tecnológico de Antioquia, 050041, Medellín, Colombia.

⁴Museo de Zoología, Centro de Investigaciones en Biodiversidad y Ecología Tropical (CIBET), Universidad de Costa Rica, 2060, San José, Costa Rica.

*Correspondence: felotriana19@gmail.com

Received: 2024-09-17. **Accepted:** 2024-10-15. **Published:** 2025-02-04.

Editor: Mauricio Ocampo Ballivian, Bolivia.

Resumen.— La subregión de Urabá en el noroeste de Colombia cuenta con una diversidad biológica excepcional, atribuible principalmente a su ubicación dentro de la ecorregión Chocó-Darién. No obstante, los esfuerzos por caracterizar esta diversidad se han visto obstaculizados por el conflicto armado colombiano, que afectó gravemente esta región. Con la firma de los acuerdos de paz en el 2016, la mejora en la seguridad incrementó la agroindustria y los asentamientos humanos, exacerbando la fragmentación de bosques. Esta mayor accesibilidad subraya la urgencia de caracterizar la composición de las comunidades para posteriormente generar políticas de conservación. Como un primer paso para lograr esa meta, nuestro estudio tuvo como objetivo identificar especies de herpetofauna en fragmentos del municipio de Mutatá, Urabá. Aquí reportamos 24 especies de anfibios y 30 de reptiles en un esfuerzo de muestreo de 345 horas-persona realizados en ese sitio. A pesar de nuestros esfuerzos, la curva de acumulación de especies indicó que es necesario realizar un esfuerzo de muestreo mayor con el fin de acercarse a la riqueza de especies real. Es imperativo generar acciones ambientales para conservar la herpetofauna de Urabá, particularmente en regiones posconflicto, ya que han experimentado cambios rápidos su uso de suelo. La rapidez con la que desarrollemos esfuerzos de conservación es crucial para mitigar una mayor pérdida de biodiversidad, especialmente en estas áreas vulnerables.

Palabras clave.— Anfibios, Chocó-Darién, conflicto armado colombiano, reptiles, curva de acumulación de especies.

Abstract.— The Urabá subregion in northwest Colombia boasts exceptional biological diversity, primarily attributable to its location within the Chocó-Darién ecoregion. However, efforts to characterize this diversity have been hindered by the Colombian armed conflict, which heavily impacted the region. With the signing of peace accords in 2016, improved security has increased agroindustry and human settlements, exacerbating forest fragmentation. This promoted accessibility underscores the urgency of characterizing the composition of the communities in order to subsequently generate conservation policies. As a first step to achieve this goal, our study aimed to identify herpetofauna species in forest fragments in the municipality of Mutatá, Urabá. Here, we report 24 amphibian and 30 reptile species across a sampling effort of 345 person-hours conducted at that site. Despite our efforts, the species accumulation curve indicated that further sampling is necessary to assess species richness more accurately. Urgent environmental action is imperative for conserving Urabá's herpetofauna, particularly in post-conflict regions experiencing rapid shifts in land use. Agility in conservation efforts is crucial to mitigate further biodiversity loss, especially in these vulnerable areas.

Keywords.— Amphibians, Chocó-Darién, Colombian armed conflict, reptiles, species accumulation curve.

INTRODUCTION

With a land area exceeding 1.14 million km² and its strategic location in the extreme northwest of South America, Colombia is considered one of the countries with the most extraordinary biodiversity. It ranks second and third in amphibian and reptile species worldwide, with 927 and 591 estimated species, respectively (Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB Colombia, 2020). This biodiversity parallels the enormous variety of environments present in the country, with more than 98 major ecosystems recognized (Instituto de Estudios Ambientales (IDEAM, 2018).

The plurality of ecosystems and the biological richness that inhabits them have been significantly degraded in recent years, driven by multiple forces. The expansion of the agricultural frontier, grazing areas, and urban infrastructure have fragmented the once impressive natural cover throughout the Colombian landscape (Armenteras et al., 2017). In addition, illegal activities, such as the expansion of illegal crops, mining, and logging, add to the challenges faced by the Colombian's natural heritage (Chadid et al., 2015).

This is the case of the geographical subregion of Urabá, which is located in the megadiverse Chocó-Darién ecoregion (Myers et al., 2000; Ortiz-Yusty et al., 2015). Urabá has been severely impacted by the armed conflict, making it one of the most affected regions in Colombia over the last century. This has resulted in a lack of comprehensive studies on its biodiversity (Suárez & Herrera, 2021). Most research in Urabá and other conflict zones has centered on deforestation processes through landscape ecology analyses (Sánchez-Cuervo & Aide, 2013; Negret et al., 2019), with studies focusing on species communities -including herpetofauna- often overlooked (Ortiz-Yusty et al., 2015). The situation has gradually been reversing, especially due to the positive impact of the peace treaties signed in 2016 on research accessibility. In recent years, improvements in accessibility to these areas have allowed for an intensification of efforts to catalog their enormous diversity. Ironically, as security improves with the peace treaties, new socio-economic developments accelerate forest destruction through increased selective extraction, human settlements, and agribusiness (Clerici et al., 2020).

Because habitat destruction and fragmentation occur rapidly in these post-conflict zones, it is imperative to quickly generate knowledge about diversity and natural history to propose conservation strategies in sites exposed to rapid post-conflict land-use changes. One of these sites is the Mutatá municipality

located in the heart of the subregion of Urabá, which has an area of 1,106 km² and a total population of 13,991 inhabitants as of 2018, and its economy is mainly based on the agricultural production of bananas, cassava and pineapple (Alcaldía de Mutatá – Antioquia, 2012; Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2018). For these reasons, we set the goal of identifying the herpetofauna species in forest patches in the municipality of Mutatá.

MATERIALS AND METHODS

This study was conducted in the geographical subregion of Urabá in northwestern Colombia, specifically in the municipality of Mutatá. Urabá is an important area in terms of biodiversity because it is located between the Chocó-Darién ecoregion and the Andean piedmont (Myers et al., 2000; Ortiz-Yusty et al., 2015). The high diversity of this locality arises mainly from (1) the uplift of the Andes in diverse and complex orogenic processes, (2) the Great American Exchange that occurred at the closure of the Central American isthmus, (3) Pleistocene climatic fluctuations that contracted and extended climatic zones promoting speciation (Kattan et al., 2004), and (4) the high levels of humidity and rainfall, with up to 7000 mm of rain per year (Casas-Herrera et al., 2018). The complexity of these processes has allowed this area to have extreme indices of endemism (Lynch et al., 1997; Duellman, 1999; Rivas et al., 2021).

Between February 25 and November 30, 2022, we sampled five forest fragments at different sites within Mutatá: two private farms in the vicinity of the community of Pavarandocito (PA) (7° 18' 51" N, 76° 30' 05" W; 7° 19' 31" N, 76° 32' 03" W), the water intake of the town of Mutatá (M) (7° 14' 52" N, 76° 26' 01" W), the water intake of the vereda de Caucheras (C) (7° 20' 26" N, 76° 28' 21" W), and Puenteadero, which is located along the Mutatá River (PU) (7° 14' 35" N, 76° 25' 06" W). The altitude of these sampling sites ranged from 57 (in Pavarandocito) to 300 (in Caucheras) m a.s.l. This region is classified as tropical rain forests (Casas-Herrera et al., 2018) with an average rainfall of 4,300 mm per year (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] & Gobernación de Antioquia, 2018).

Surveys began in the late afternoon, just before nightfall, and extended to midnight. We determined herpetofauna composition using the direct visual encounter method (Heyer et al., 1994) with the number of hours sampled per person (hrs/per) as sampling units. The search was carried out both in the mulch and in the first layer of the understory, up to a

height of approximately 4 m. For amphibians and reptiles other than snakes of medical importance, one individual of each encountered species was captured, photographed, and transferred to the Herpetology Museum of the Universidad de Antioquia (UdeA) in Medellín, Colombia. All venomous snakes found were captured, photographed, and transferred to the UdeA Serpentarium in Medellín, where they were kept for studies on their venoms. Collecting permits were endorsed by Autoridad Nacional de Licencias Ambientales de Colombia under resolution 839-25-07-2014.

A list of species was generated based on our observations and their taxonomic identity confirmed. We catalogued the conservation status of the species according to the IUCN Red List. We estimated the species accumulation curve to assess whether our sampling effort was sufficient to determine an estimate of the composition of the total herpetofauna. For constructing this curve, we used a sample-size and coverage-based integrations of rarefaction and extrapolation of the Hill number order

$q = 0$, following Chao & Jost (2012) and Hsieh et al. (2016). We used iNEXT package in R Studio (R Core Development Team, 2021) based on an incidence matrix per sampling unit, using a 95 % confidence interval (CI). One of the applications of iNext is the assessment of sample completeness (sample coverage) across multiple samples (Hsieh et al., 2016). Thus, the sample completeness is understood as the probability that an already sampled species would be found if the sample were enlarged by one individual (Chao & Jost, 2012).

RESULTS

We found five orders and 23 families, for a total of 54 species of herpetofauna, of which 24 were amphibians and 30 reptiles (Figs. 1, 2 and 3). The sampling site with the highest species richness was the Caucheras water intake with 35, followed by the farms located in the vicinity of Pavarandocito with 22, Puenteadero with 13, and the Mutatá water intake with 5 (Table 1). Most species, 45, were catalogued as least concerned. Two species,

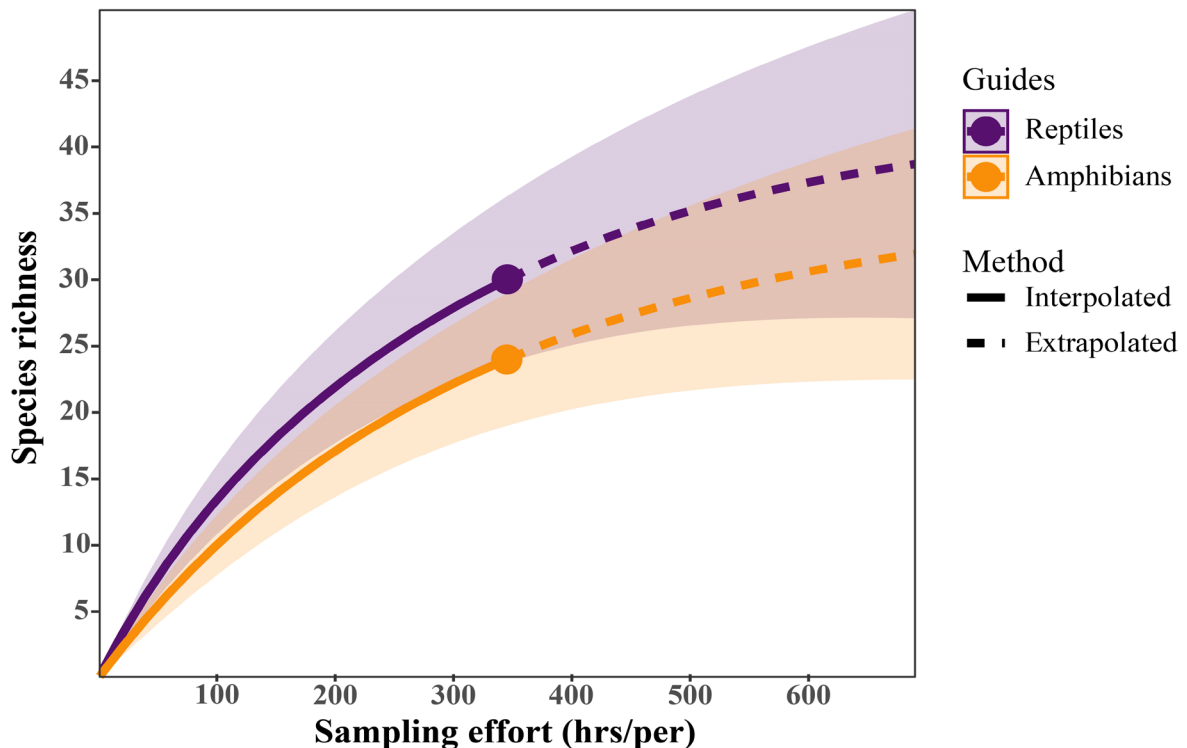


Figura 1. Curva de acumulación de especies de la herpetofauna encontrada en Mutatá, subregión del Urabá, Colombia a partir de un esfuerzo de muestreo de 345 horas por persona. El área sombreada corresponde al intervalo de confianza (IC) al 95 %.

Figure 1. Species accumulation curve of herpetofauna found in Mutatá, Urabá subregion, Colombia from a sampling effort of 345 person hours. The shaded area corresponds to the 95 % confidence interval (CI).

both dendrobatids, are endangered; while *Agalychnis terranova* is near threatened. Finally, two dipsadids are not evaluated (Table 1).

The total sampling effort during the months of the study was 345 hrs/per, in which the asymptote in the species accumulation curve was not reached for either amphibians or reptiles (Fig. 1).

Tabla 1. Primera lista de especies de herpetofauna encontradas en fragmentos de bosque en Mutatá, subregión del Urabá, Colombia. Los sitios de muestreo dentro de Mutatá se abreviaron como: PA = comunidad de Pavarandocito, M = toma de agua del poblado de Mutatá, C = toma de agua de la vereda de Caucheras y PU = Puenteadero. Categorías de la Lista Roja de la UICN: LC = Preocupación Menor, EN = En Peligro, NT = Casi Amenazado, and NE = No Evaluado.

Table 1. First list of herpetofauna species found in forest fragments in Mutatá, Urabá subregion, Colombia. Sampling sites within Mutatá were abbreviated as PA = community of Pavarandocito, M = Mutatá city's water intake, C = Cauchera's water intake, and PU = Puenteadero. IUCN Red List categories: LC = Least Concern, EN = Endangered, NT = Near Threatened, and NE = Not Evaluated.

Species	PA	M	C	PU	IUCN
CLASS AMPHIBIA					
Order Anura					
Family Bufonidae					
<i>Rhaebo haematiticus</i>				X	LC
<i>Rhinella horribilis</i>			X		LC
<i>Rhinella humboldti</i>	X				LC
Family Centrolenidae					
<i>Sachatamia ilex</i>	X	X			LC
Family Craugastoridae					
<i>Craugastor fitzingeri</i>				X	LC
<i>Craugastor raniformis</i>	X		X	X	LC
<i>Pristimantis cf. taeniatus</i>	X		X	X	LC
Family Dendrobatidae					
<i>Andinobates victimatus</i>			X		EN
<i>Colostethus imbricolus</i>			X		EN
<i>Dendrobates truncatus</i>	X		X		LC
Family Eleutherodactylidae					
<i>Diasporus gularis</i>	X		X	X	LC
Family Hemiphractidae					
<i>Gastrotheca spp.</i>			X		
Family Hylidae					
<i>Dendropsophus microcephalus</i>				X	LC
<i>Hyloscirtus palmeri</i>			X		LC

Tabla 1 (cont.). Primera lista de especies de herpetofauna encontradas en fragmentos de bosque en Mutatá, subregión del Urabá, Colombia. Los sitios de muestreo dentro de Mutatá se abreviaron como: PA = comunidad de Pavarandocito, M = toma de agua del poblado de Mutatá, C = toma de agua de la vereda de Caucheras y PU = Puenteadero. Categorías de la Lista Roja de la IUCN: LC = Preocupación Menor, EN = En Peligro, NT = Casi Amenazado, and NE = No Evaluado.

Table 1 (cont.). First list of herpetofauna species found in forest fragments in Mutatá, Urabá subregion, Colombia. Sampling sites within Mutatá were abbreviated as PA = community of Pavarandocito, M = Mutatá city's water intake, C = Cauchera's water intake, and PU = Puenteadero. IUCN Red List categories: LC = Least Concern, EN = Endangered, NT = Near Threatened, and NE = Not Evaluated.

Species	PA	M	C	PU	IUCN
<i>Scinax boulengeri</i>	X				LC
<i>Scinax elaeochroa</i>	X				LC
<i>Smilisca phaeota</i>	X		X	X	LC
Family Leptodactylidae					
<i>Engystomops pustulosus</i>	X			X	LC
<i>Leptodactylus fragilis</i>	X			X	LC
<i>Leptodactylus fuscus</i>	X				LC
<i>Leptodactylus savagei</i>				X	LC
Family Phyllomedusidae					
<i>Agalychnis terranova</i>				X	NT
Order Caudata					
Family Plethodontidae					
<i>Bolitoglossa spp.</i>	X		X		
Order Gymnophiona					
Family Caeciliidae					
<i>Caecilia spp.</i>			X		
CLASS REPTILIA					
Order Crocodylia					
Family Alligatoridae					
<i>Caiman crocodilus</i>	X				LC
Order Squamata					
Suborder Sauria					
Family Corytophanidae					
<i>Basiliscus basiliscus</i>		X			LC
Family Dactyloidae					
<i>Anolis lyra</i>	X		X		LC

Tabla 1 (cont.). Primera lista de especies de herpetofauna encontradas en fragmentos de bosque en Mutatá, subregión del Urabá, Colombia. Los sitios de muestreo dentro de Mutatá se abreviaron como: PA = comunidad de Pavarandocito, M = toma de agua del poblado de Mutatá, C = toma de agua de la vereda de Caucheras y PU = Puenteadero. Categorías de la Lista Roja de la UICN: LC = Preocupación Menor, EN = En Peligro, NT = Casi Amenazado, and NE = No Evaluado.

Table 1 (cont.). First list of herpetofauna species found in forest fragments in Mutatá, Urabá subregion, Colombia. Sampling sites within Mutatá were abbreviated as PA = community of Pavarandocito, M = Mutatá city's water intake, C = Cauchera's water intake, and PU = Puenteadero. IUCN Red List categories: LC = Least Concern, EN = Endangered, NT = Near Threatened, and NE = Not Evaluated.

Species	PA	M	C	PU	IUCN
<i>Anolis princeps</i>			X		LC
Family Gymnophthalmidae					
<i>Echinosaura palmeri</i>	X				LC
Family Hoplocercidae					
<i>Enyalioides heterolepis</i>	X		X		LC
Family Phyllodactylidae					
<i>Thecadactylus rapicauda</i>		X			LC
Suborder Serpentes					
Family Boidae					
<i>Boa imperator</i>		X			LC
<i>Corallus annulatus</i>			X		LC
<i>Epicrates maurus</i>			X		LC
Family Colubridae					
<i>Chironius grandisquamis</i>			X		LC
<i>Oxybelis brevirostris</i>			X		LC
<i>Spilotes pullatus</i>		X	X		LC
Family Dipsadidae					
<i>Geophis brachycephalus</i>			X		LC
<i>Imantodes cenchoa</i>	X		X		LC
<i>Imantodes inornatus</i>			X		LC
<i>Leptodeira ornata</i>	X		X		NE
<i>Lygophis lineatus</i>			X		LC
<i>Ninia atrata</i>	X			X	LC
<i>Ninia teresitae</i>				X	NE
<i>Oxyrhopus petalarius</i>			X		LC

Tabla 1 (cont.). Primera lista de especies de herpetofauna encontradas en fragmentos de bosque en Mutatá, subregión del Urabá, Colombia. Los sitios de muestreo dentro de Mutatá se abreviaron como: PA = comunidad de Pavarandocito, M = toma de agua del poblado de Mutatá, C = toma de agua de la vereda de Caucheras y PU = Puenteadero. Categorías de la Lista Roja de la UICN: LC = Preocupación Menor, EN = En Peligro, NT = Casi Amenazado, and NE = No Evaluado.

Table 1 (cont.). First list of herpetofauna species found in forest fragments in Mutatá, Urabá subregion, Colombia. Sampling sites within Mutatá were abbreviated as PA = community of Pavarandocito, M = Mutatá city's water intake, C = Cauchera's water intake, and PU = Puenteadero. IUCN Red List categories: LC = Least Concern, EN = Endangered, NT = Near Threatened, and NE = Not Evaluated.

Species	PA	M	C	PU	IUCN
<i>Pliocercus euryzonus</i>			X		LC
<i>Pseudoboa neuwiedii</i>			X		LC
<i>Siphlophis compressus</i>			X		LC
<i>Urotheca fulviceps</i>			X		LC
Family Elapidae					
<i>Micrurus dumerilii</i>	X		X		LC
Family Tropidophiidae					
<i>Trachyboa boulengeri</i>			X		LC
Family Viperidae					
<i>Bothriechis schlegelii torvus</i>			X		LC
<i>Bothrops asper</i>	X		X		LC
<i>Porthidium lansbergii</i>			X		LC

For amphibians, the effort made suggest a sample completeness of 68 % (0.684) [CI = 0.526 – 0.841] and the number of expected species to be 36 [CI = 26 – 56]. For reptiles, the effort made suggest a sample completeness of 71 % (0.714) [CI = 0.635 – 0.866] and the number of expected species at 42 [CI = 45 – 61].

DISCUSSION

There is no available count of species present in the Mutatá region, although the Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia report the species expected from biological records in all Colombia. Based on this information, the number of species expected in the municipality of Mutatá is close to 27 species of amphibians and 52 species of reptiles (Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB Colombia), 2020). If we take these values as a reference, our combined effort represents 88.9 % of amphibians and 57.7 % of reptiles inhabiting the municipality.

Normally, when diversity studies compare the observed species against the expected species reported, the values range around

40 % to 60 %, while the sample completeness is higher (e.g. Acuña-Vargas, 2016). Here, we found that pattern with reptiles but no with amphibians. We attribute this result to the limited information available on amphibian species in the area as a result of the armed conflict. Because the SiB Colombia platform bases its reports on this limited information, the number of amphibians reported by them is very similar to that reported by us. We believe that as more diversity studies are conducted in this area, the data presented by SiB Colombia will increase for both amphibians and reptiles.

The combined effects of various phenomena could have influenced the number of species found being lower than the expected. First, the secretive nature of many herpetofauna groups makes their detection difficult (Doan, 2003), so as sampling efforts increase, more of these animals would appear. Second, sampling in this study was crepuscular and nocturnal. A large number of species have diurnal peaks of activity, which could explain why groups that are normally diverse, such as dendrobatids and lizards, were poorly observed in this study (Ortiz-Yusty et al., 2015). Finally, we focused our sampling on



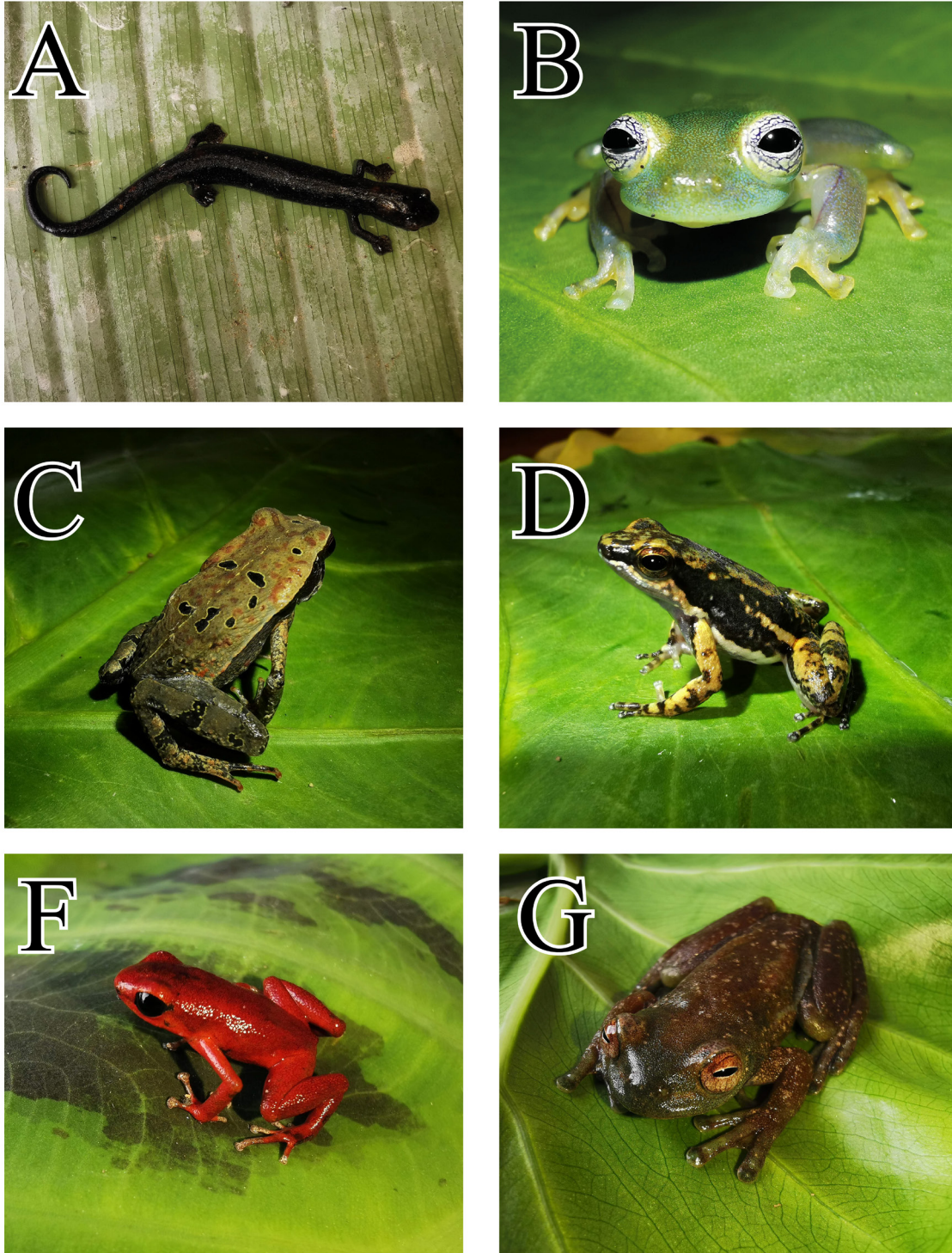


Figura 2. Ejemplares de algunas especies de anfibios encontradas en Mutatá, subregión del Urabá, Colombia. A) *Bolitoglossa* sp., B) *Sachatamia ilex*, C) *Rhaebo haematiticus*, D) *Colostethus imbricolus*, F) *Andinobates victimatus* y G) *Hyloscirtus palmeri*. Fotos: Felipe Triana.

Figure 2. Specimens of some amphibian species found in Mutatá, Urabá subregion, Colombia. A) *Bolitoglossa* sp., B) *Sachatamia ilex*, C) *Rhaebo haematiticus*, D) *Colostethus imbricolus*, F) *Andinobates victimatus*, and G) *Hyloscirtus palmeri*. Photos: Felipe Triana.



Figura 3. Ejemplares de algunas especies de reptiles encontradas en Mutatá, subregión del Urabá, Colombia. A) *Enyalioides heterolepis*, B) *Micrurus dumerilii*, C) *Bothriechis schlegelii torvus*, D) *Bothrops asper*, F) *Geophis brachycephalus* y G) *Pliocercus euryzonus*. Fotos: Felipe Triana.

Figure 3. Specimens of some reptile species found in Mutatá, Urabá subregion, Colombia. A) *Enyalioides heterolepis*, B) *Micrurus dumerilii*, C) *Bothriechis schlegelii torvus*, D) *Bothrops asper*, F) *Geophis brachycephalus*, and G) *Pliocercus euryzonus*. Photos: Felipe Triana.

leaf-litter and understory; therefore, we report few species of the canopy and river. With this in consideration, the sample completeness of 68 % and 71 % for amphibians and reptiles, respectively, effectively corresponds to the percentage of species found in the specific habitats where we sample.

It is well known that forest loss and fragmentation processes are among the greatest threats to tropical biodiversity (Hanski, 2011; Kehoe et al., 2015; Laurance et al., 2018). Consequently, even with the low number of species found, our study provides a valuable baseline for understanding the herpetofauna of the forest patches of Mutatá during the post-conflict era, especially considering that this is the first list of amphibians and reptiles in the region. Moreover, from the conservation status of the species we found, it can be inferred that the ecosystems where they are distributed have provided a safe environment for the stability of their populations until now. Identifying species in an area that is classified as a hotspot of diversity and has been facing enormous urban and agro-industrial development in recent years is fundamental for developing conservation strategies. This is especially true when working with groups of animals that are feared, marginalized, and persecuted by humans, such as many groups of amphibians and reptiles.

Unfortunately, if environmental action is not taken in an agile manner, especially in the regions that were most affected by the armed conflict in Colombia and which are now experiencing strenuous human development, the herpetofauna diversity we know today could disappear faster than expected. Defining municipal conservation areas in the region would increase forest connectivity and support biodiversity conservation (Brumberg et al., 2024). Considering the results obtained in this study with herpetofauna and the proximity to the Paramillo National Natural Park, Caucheras and Puenteadero are two sites that could be considered for this purpose. Studying the diversity of other groups of living beings in these sites is essential to reaching conclusions; however, this study could be used as a first step.

CONCLUSIONS

In this preliminary assessment of the herpetofauna of the Mutatá forest patches, we identified a total of 24 amphibian and 30 reptile species in 345 hrs/per. Despite having observed fewer species than expected, this study represents an important step in the knowledge of the diversity of the Urabá region, especially considering that there is no record documenting this subject in this region. In addition to this problem, the recent sociocultural context of Mutatá has led to the reduction of forest areas in favor of industrial and urban development, despite being located in one of the most biodiverse areas in the world. This exacerbated

loss of habitat increases the pressure to conserve nature, and to do so, as our study suggest, further studies are urgently needed to inform the scientific and local communities about the diversity of both herpetofauna and other living beings in post-conflict regions, such as Mutatá.

Acknowledgements. – We want to thank the communities of Mutatá, Pavarandocito, and Caucheras. This study was partially financed by Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica (Project No. 741-C2-076), and Patrimonio Autónomo Fondo Nacional para la Ciencia, Tecnología y la Innovación Francisco José de Caldas, proyecto “Usos Tradicionales y potenciales de la Biodiversidad en el Noroccidente de Antioquia”. Collecting permits were endorsed by Autoridad Nacional de Licencias Ambientales de Colombia under resolution 839-25-07-2014

LITERATURE CITED

- Acuña-Vargas, J. 2016. Anfibios y reptiles asociados a cinco coberturas de la tierra, municipio de Dibulla, La Guajira, Colombia. *Acta Zoológica Mexicana* 32:133-146.
- Alcaldía de Mutatá – Antioquia. 2012. Nuestro Municipio. <https://www.mutata-antioquia.gov.co/> [Accessed August 2024]
- Armenteras, D., J.M. Espelta, N. Rodríguez & J. Retana. 2017. Deforestation dynamics and drivers in different forest types in Latin America: Three decades of studies (1980-2010). *Global Environmental Change* 46:139-147.
- Brumberg, H., S. Furey, M.G. Bouffard, M.J. Mata Quirós, H. Murayama, S. Neyestani, E. Pauline, A. Whitworth & M. Madden. 2024. Increasing forest cover and connectivity both inside and outside of Protected Areas in southwestern Costa Rica. *Remote Sens* 16: 1088.
- Casas-Herrera, L.F., D.M. González-Flórez, B. Segura, R.A. Mosquera & E. Álvarez-Dávila. 2018. Diversidad y estructura de bosques contrastantes en la región del Chocó-Darién, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* 9:17-27.
- Chadid, M.A., L.M. Dávalos, J. Molina & D. Armenteras. 2015. A Bayesian spatial model highlights distinct dynamics in deforestation from coca and pastures in an Andean biodiversity hotspot. *Forests* 6:3828-3846.
- Chao, A. & L. Joust. 2012. Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology* 93:2533-2547.



- Clerici, N., D. Armenteras, P. Kareiva, R. Botero, J.P. Ramírez-Delgado, G. Forero-Medina, J. Ochoa, C. Pedraza, L. Schneider, C. Lora, C. Gómez, M. Linares, C. Hirashiki & D. Biggs. 2020. Deforestation in Colombian protected areas increased during post-conflict periods. *Scientific Reports* 10:4971.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). 2018. Censo Nacional de Población y Vivienda. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018> [Accessed August, 2024]
- Doan, T.M. 2003. Which methods are most effective for surveying rain forest herpetofauna? *Journal of Herpetology* 37:72-81.
- Duellman, W.E. 1999. Patterns of Distribution of Amphibians: A Global Perspective. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, USA.
- Hanski, I. 2011. Habitat Loss, the Dynamics of Biodiversity, and a Perspective on Conservation. *Ambio* 40:248-255.
- Heyer, W.R., M.A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L.A.C. Hayek & M.S. Foster. 1994. Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard Methods for Amphibians. Smithsonian Institution Press, Washington D.C., USA.
- Hsieh, T.C., K.H. Ma & A. Chao. 2016. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution* 7:1451-1456.
- Instituto de Estudios Ambientales (IDEAM). 2018. Mapa de Ecosistemas generales de Colombia. <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas> [Accessed April 2021]
- Kattan, G.H., P. Franco, V. Rojas & G. Morales. 2004. Biological diversification in a complex region: A spatial analysis of faunistic diversity and biogeography of the Andes of Colombia. *Journal of Biogeography* 31:1829-1839.
- Kehoe, L., T. Kuemmerle, C. Meyer, C. Levers, T. Václavík & H. Kreft. 2015. Global patterns of agricultural land-use intensity and vertebrate diversity. *Diversity and distributions* 21:1308-1318.
- Laurance, W.F., J.L.C. Camargo, P.M. Fearnside, T.E. Lovejoy, G.B. Williamson, R.C.G. Mesquita, C.F.G. Meyer, P.E.D. Bobrowiec & S.G.W. Laurance. 2018. An Amazonian rainforest and its fragments as a laboratory of global change. *Biological Reviews* 93:223-247.
- Lynch, J.D., P.M. Ruiz-Carranza & M.C. Ardila-Robayo. 1997. Biogeographic patterns of Colombian frogs and toads. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 21:237-248.
- Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. Da Fonseca & J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.
- Negret, P.J., L. Sonter, J.E.M. Watson, H.P. Possingham, K.R. Jones, C. Suárez, J.M. Ochoa-Quintero & M. Maron. 2019. Emerging evidence that armed conflict and coca cultivation influence deforestation patterns. *Biological Conservation* 239:108176.
- Organización para las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) & Gobernación de Antioquia. 2018. Plan integral de cambio climático de Antioquia. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Ambiente/PNACC/FIGCCT%20Antioquia.pdf> [Accessed March 2024]
- Ortiz-Yusty, C., J. Daza, V. Páez & B. Bock. 2015. The collection of the Herpetological Museum of the University of Antioquia (northwestern Colombia). *Biodiversity Data Journal* 3:e1325.
- R Development Core Team. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org> [Accessed August 2024]
- Rivas, G.A., O.M. Lasso-Alcalá, D. Rodríguez-Olarte, M.D. Freitas, J.C. Murphy, C. Pizzigalli, J.C. Weber, L. Verteuil & M.J. Jowers. 2021. Biogeographical patterns of amphibians and reptiles in the northernmost coastal montane complex of South America. *PLoS ONE* 16:e0246829.
- Sánchez-Cuervo, A.M. & T.M. Aide. 2013. Consequences of the armed conflict, forced human displacement, and land abandonment on forest cover change in Colombia: a multi-scaled analysis. *Ecosystems* 16:1052-1070.
- Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB Colombia). 2020. Biodiversidad en Cifras: Número de especies de anfibios y reptiles registrados en el SiB Colombia. <https://cifras.biodiversidad.co/> [Accessed August 2024]
- Suárez, V. & M. Herrera. 2021. Conflicto armado y biodiversidad: una mirada desde la ciudadanía cultural y la educación. *Revista Educación y Ciudad* 40:165-177.



CAPTURA DE LA LAGARTIJA ESPINOSA SUREÑA *SCELOPORUS AUREOLUS* (SQUAMATA, PHRYNOSOMATIDAE) POR LA ARAÑA VIUDA NEGRA (*LATRODECTUS MACTANS*) EN LA MIXTECA ALTA DE OAXACA, MÉXICO

CAPTURE OF THE SOUTHERN SPINY LIZARD *SCELOPORUS AUREOLUS* (SQUAMATA, PHRYNOSOMATIDAE) BY A BLACK WIDOW SPIDER (*LATRODECTUS MACTANS*) IN THE MIXTECA ALTA OF OAXACA, MEXICO

J. Erick Gómez-Campos¹, Yelenny López-Aguirre² & Miguel A. Domínguez-Godoy^{3*}

¹Doctorado en Ciencias Biológicas, Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala, México.

²Maestría en Ciencias Biológicas, Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala, México.

³Laboratorio de Herpetología, Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

*Correspondence: godoy.contact@gmail.com

Received: 2024-07-24. Accepted: 2024-10-13. Published: 2025-02-10.

Editor: Antonieta Labra Lillo, Chile.

Abstract.— We record the capture of a juvenil southern spiny lizard *Sceloporus aureolus* by a female black widow spider (*Latrodectus mactans*). This is the second recorded *Sceloporus* species to be predated by this spider in Mexico.

Keywords.— Young lizard, Phrynosomatidae, prey, viviparous.

Resumen.— Registramos la captura de una cría de la lagartija espinosa sureña *Sceloporus aureolus* por parte de una araña hembra de viuda negra (*Latrodectus mactans*). Este es el segundo registro de depredación para una especie del género *Sceloporus* por esta araña en México.

Palabras clave.— Cría de lagartija, Phrynosomatidae, presa, vivípara.

La lagartija espinosa sureña *Sceloporus aureolus* (Smith, 1942), es una especie vivípara, cuyos adultos presentan una longitud hocico-cloaca máxima de 110 mm (Fig. 1A) (Canseco-Márquez & Gutiérrez-Mayén, 2010). Esta especie es endémica de México y se distribuye en los estados de Puebla, Oaxaca y Veracruz, habita en zonas semi áridas, y presenta hábitos predominantemente saxícolas, aunque también se les ha visto que utilizan las bardas, paredes y techos de las casas (Guillette & Méndez de la Cruz, 1993; Méndez de la Cruz et al., 1994; Canseco-Márquez & Gutiérrez-Mayén, 2010). Existen grandes vacíos de información sobre los aspectos de historia natural de *S. aureolus*; sin embargo, se presume que, al igual que otras especies del género *Sceloporus*, es de hábitos diurnos y sus principales depredadores serían aves, serpientes y otras especies de lagartos (Díaz de la Vega-Pérez et al., 2016; Domínguez-Godoy et al., 2017; Gómez-Campos et al., 2019; Nahuat-Cervera & Arellano-Ciau, 2022).

La viuda negra norteamericana *Latrodectus mactans* (Fabricius, 1775) presenta una amplia distribución en México (Cabrera-

Espinosa, 2020); normalmente se encuentra en pastizales, zonas de cultivos y, en algunos casos, en zonas con matorral y bosques de pino (Cabrera-Espinosa, 2020; Cabrera-Espinosa & Valdez-Mondragón, 2020). Generalmente, se alimenta de pequeños artrópodos; sin embargo, puede llegar a alimentarse de vertebrados como serpientes, lagartijas e incluso pequeños ratones (Nyffeler et al., 1988; O'Shea & Kelly, 2017; Nyffeler & Gibbons, 2021; Vitkauskaitė et al., 2021).

En esta nota reportamos la captura de una cría de *S. aureolus* por una viuda negra (*L. mactans*) en el municipio de Santo Domingo Tonaltepec (17° 36' 37.9" N, 97° 21' 34.4" W) en el estado de Oaxaca. Los organismos se encontraron bajo una piedra cerca de una zona de cultivo el 19 de marzo de 2024, a las 12:34 h (Fig. 1B). La cría de *S. aureolus* que media alrededor de 7 cm estaba enredada en la telaraña sin signos de vida aparentes, y junto a ella una hembra de *L. mactans*. Pudimos observar que al levantar la piedra la araña se encontraba junto a la cría y se desplazó unos centímetros al lado del cuerpo de la lagartija, por lo que



Figure 1. A) Adult individual of southern spiny lizard *Sceloporus aureolus* on a perch, B) *S. aureolus* habitat in Santo Domingo Tonaltepec, Oaxaca, Mexico and C) Juvenile *S. aureolus* entangled in the web of a female black widow spider *Latrodectus mactans* under a stone near a farming area in Santo Domingo Tonaltepec, Oaxaca, Mexico. Photos: J. Erick Gómez-Campos.

Figura 1. A) Individuo adulto de la lagartija espinosa sureña *Sceloporus aureolus*, sobre una percha, B) hábitat de *S. aureolus* en el municipio de Santo Domingo Tonaltepec, Oaxaca, México y C) cría de *S. aureolus* enredado en la telaraña de una araña hembra de viuda negra *Latrodectus mactans*, ubicada bajo una piedra en las cercanías de una zona de cultivo en Santo Domingo Tonaltepec, Oaxaca, México. Fotos: J. Erick Gómez-Campos.

procedimos a colocar la piedra nuevamente en su lugar (Fig. 1C). En el lugar en donde se encontraban los organismos, se registró una temperatura ambiental de 22.6 °C y una temperatura de sustrato de 24.5 °C.

En la zona donde se registró la captura fue común observar individuos de *L. mactans* con su saco de huevos bajo las rocas (obs. pers.). El uso de rocas como refugio por parte de *S. aureolus*

y de *L. mactans*, podría resultar en un alto riesgo de mortalidad para crías y juveniles de *S. aureolus*, esto debido a que algunas especies de arácnidos depredan mayormente individuos con una talla corporal pequeña, por lo que los individuos en estado juvenil podrían ser más susceptibles a ser capturados en la telaraña de estos arácnidos y potencialmente ser depredados. (Reyes-Olivares et al., 2020).

Anteriormente se han registrado eventos de captura y depredación de lagartijas por parte de las arañas del género *Latrodectus*, como es el caso del eslizón comadreja en Australia, *Saprosincus mustelinus* (O'Shea & Kelly, 2017) y la lagartija de mezquite, *Sceloporus grammicus* (Vázquez-Mendoza & Martínez-Sánchez, 2024). De acuerdo con lo anterior, esta sería la segunda especie del género *Sceloporus* para la cual se registra un evento de captura por parte del género *Latrodectus* en México.

El reporte de los eventos de captura permite comprender más sobre el comportamiento de las arañas y los potenciales depredadores de organismos vertebrados. Sin embargo, sería importante conocer qué tan frecuentes son estos eventos de captura por parte de *L. mactans* sobre *S. aureolus*, ya que esto podría provocar un impacto en las poblaciones de esta especie de lagartija. Además, consideramos que sería importante evidenciar si, aparte de ser un evento de captura, existe un consumo parcial o total de esta lagartija por parte de *L. mactans*. Tomando en cuenta la escasa información que se tiene sobre historia natural de *S. aureolus*, de ser frecuentes estos eventos indicaría que *L. mactans* es un depredador común de esta especie. Por lo que consideramos que esta observación contribuye incrementando el estado de conocimiento de esta especie de lagartija.

Agradecimientos.— El financiamiento para el trabajo de campo fue proporcionado por el Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnología: JEGC (842468); y un proyecto Cátedras-CONAHCyT (883) a ADVP. El trabajo de campo se cubrió con los permisos SGPA/DGSV/07931/21 y SGPA/DGSV/09907/23 otorgados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) por: a los habitantes, a DA, miembros de la presidencia municipal y ejidatarios de la comunidad de Santo Domingo Tonaltepec, Oaxaca.

LITERATURA CITADA

- Altamirano-Álvarez, T.A., E. Pérez-Sánchez, M. Soriano, A.G. García-Bernal & M.G. Miranda-González. 2014. Determinación del espectro alimentario de la lagartija *Sceloporus torquatus* (Reptilia: Phrynosomatidae) a través de excretas. *Revista de Zoología* 25:10-17.
- Cabrera-Espinosa, L.A. 2020. Arañas de importancia médica: registros actualizados de las especies de arañas “viudas negras” del género *Latrodectus* Walckenaer, 1805 (Araneae: Theridiidae) de México. Facultad de Ciencias Biológicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, Puebla, México.
- Cabrera-Espinosa, L.A. & A. Valdez-Mondragón. 2020. El género de arañas “viudas negras” *Latrodectus* (Araneae: Theridiidae) en México, ¿qué se conoce ahora sobre su distribución? *Boletín de la Asociación Mexicana de Sistemática de Artrópodos* 3:15-21.
- Canseco-Márquez, L. & G. Gutiérrez-Mayén. 2010. Anfibios y Reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. CONABIO, Fundación para la Reserva de la Biosfera Cuicatlán, A. C. y la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Ciudad de México, México.
- Gómez-Campos, J.E., M.A. Domínguez-Godoy & A.H. Díaz de la Vega-Pérez. 2019. Depredación de lagartijas por *Lanius ludovicianus* (Alcaudón Americano) en el parque nacional La Malinche, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 2:85-87.
- Guillette Jr., J.L. & F.R. Méndez de la Cruz. 1993. The reproductive cycle of the viviparous Mexican lizard *Sceloporus torquatus*. *Journal of Herpetology* 27:168-174.
- Díaz de la Vega-Pérez, A.H., D. Laguna-Millán, R. Cervantes-Badillo, J.E. Gómez-Campos & S. Ancona. 2016. *Crotalus ravus*. Diet. *Mesoamerican Herpetology* 3:742-743.
- Domínguez-Godoy, M.A., R. Barrios-Montiel, A. Bautista & A.H. Díaz de la Vega-Pérez. 2017. *Crotalus ravus*. Diet and accidental mortality involving a *Sceloporus spinosus*. *Mesoamerican Herpetology* 4:426-428.
- Méndez de la Cruz, F.R., M. Villagrán-Santa Cruz & O. Cuellar. 1994. Geographic variation of spermatogenesis in the Mexican viviparous lizard *Sceloporus mucronatus*. *Biogeographica* 70:59-67.
- Nahuat-Cervera, P.E. & J.I. Arellano-Ciau. 2022. Primer registro de depredación de *Sceloporus chrysostictus* (Squamata: Phrynosomatidae) por *Falco sparverius* (Aves: Falconiformes). *Revista Latinoamericana de Herpetología* 5:43-45.
- Nyffeler, M., D.A. Dean & W.L. Sterling. 1988. The southern black widow spider, *Latrodectus mactans* (Araneae, Theridiidae), as a predator of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* (Hymenoptera, Formicidae), in Texas cotton fields. *Journal of Applied Entomology* 106:52-57.
- Nyffeler, M. & J.W. Gibbons. 2021. Spiders (Arachnida: Araneae) feeding on snakes (Reptilia: Squamata). *The Journal of Arachnology* 49:1-27.
- O'Shea, M. & K. Kelly. 2017. Predation on a weasel skink (*Saprosincus mustelinus*) (Squamata: Scincidae: Lygosominae) by a Redback spider (*Latrodectus hasselti*) (Araneae: Araneomorpha:

Theridiidae), with a review of other *Latrodectus* predation events involving squamates. *Herpetofauna* 44:49-55.

Reyes-Olivares, C., A. Guajardo-Santibañez, 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.

Vázquez-Mendoza, S. & N. Martínez-Sánchez. 2024. Captura de la lagartija del mezquite (*Sceloporus grammicus*) por araña

viuda café (*Latrodectus geometricus*) en Oaxaca, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 7:185-187.

Vitkauskaite, A., J.P. Dunbar, C. Lawton, P. Dalagiorgos, M.M. Allen & M.M. Dugon. 2021. Vertebrate prey capture by *Latrodectus mactans* (Walckenaer, 1805) and *Steatoda triangulosa* (Walckenaer, 1802) (Araneae, Theridiidae) provide further insights into the immobilization and hoisting mechanisms of large prey. *Food Webs* 29: e00210.



ACTUALIZACIÓN Y RESUMEN DE LA DISTRIBUCIÓN DE *LEPTODACTYLUS SAVAGEI* (LEPTODACTYLIDAE) EN COLOMBIA, CON EL PRIMER REPORTE DE ANOMALÍA OCULAR PARA LA ESPECIE

DISTRIBUTION UPDATE AND SUMMARY OF *LEPTODACTYLUS SAVAGEI* (LEPTODACTYLIDAE) IN COLOMBIA, INCLUDING THE FIRST REPORT OF AN OCULAR ANOMALY IN THE SPECIES

Sebastian Mogrovejo Mogrovejo^{1,3*}, Meyerly Garcés Perez^{1,3}, Daniel J. Gallego Sánchez^{1,3}, Dario J. Arrieta García^{1,3}, Andrés E. Monterroza Palomino^{1,3} & Giovany Díaz^{2,4*}

¹Programa de Biología, Universidad de Córdoba, 230002, Montería, Córdoba, Colombia

²Escuela de Biología, Universidad de Pamplona, 760042, Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

³Grupo de Investigación Biodiversidad, Universidad de Córdoba, Montería, Córdoba, Colombia.

⁴Grupo de Investigación en Ecología y Biogeografía, Universidad de Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

*Correspondence: sebastianmogrovejomogrovejo@gmail.com and fjiodiaz24@gmail.com

Received: 2024-01-11. Accepted: 2024-10-28. Published: 2025-02-28.

Editor: Jenny Urbina, Colombia.

Leptodactylus savagei (Heyer, 2005) o la rana de dedos delgados de Savage, habita una amplia variedad de ambientes que abarca desde aquellos severamente intervenidos por deforestación, áreas de borde de bosque, hasta áreas de interior de bosques tropicales húmedos primarios y secundarios (McCranie & Wilson, 2002; Savage, 2002; Heyer, 2005). Se localiza principalmente en pequeños remansos de arroyos, riachuelos lénticos, áreas pantanosas y estanques temporales, tanto naturales como artificiales, ubicados junto o dentro de los bosques, donde tiende a ocultarse en huecos en el sustrato o bajo raíces adyacentes a estos cuerpos de agua (Muedeking & Heyer, 1976; Ibáñez et al., 1999; McCranie & Wilson, 2002; Savage, 2002; Heyer, 2005). Esta especie no se encuentra incluida en ningún apéndice de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2023). Además, por su amplia tolerancia a la modificación del hábitat y su aparente gran tamaño poblacional se encuentra catalogada como Preocupación Menor (Least Concern, LC) de acuerdo a la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2023).

Leptodactylus savagei se distribuye en la vertiente del Caribe desde el norte de Honduras hasta Colombia y en la vertiente del Pacífico desde el norte de Nicaragua hasta Colombia, desde los 0 a los 1,350 m s.n.m. (Acosta-Galvis et al., 2006; Bernal & Lynch, 2008; Valdés-Orellana & McCranie, 2011). Esta especie se registró por primera vez en Colombia por Cochran & Goin (1970), bajo el nombre *Leptodactylus pentadactylus* (Laurenti, 1768). Luego, fue descrita por Heyer (2005) y nombrada como *Leptodactylus*

savagei. Actualmente esta especie ha sido reportada en los departamentos de Antioquia (Heyer, 2005), Bolívar (Cuentas et al., 2002), Boyacá (Ovalle-Pacheco et al., 2019), Córdoba (Renjifo & Lundberg, 1999; Romero et al., 2008; Romero & Lynch, 2012), Caldas (Acosta-Galvis et al., 2006), Guajira (Ruthven, 1922), Huila (Cochran & Goin, 1970; Acosta-Galvis et al., 2006), Santander (Rodríguez et al., 2014) y Magdalena (Ruthven, 1922; Heyer, 2005; Romero & Lynch, 2012) (Fig. 1). En el caso específico de Córdoba, Ballesteros-Correa et al. (2019) reportan su presencia en 7 municipios (Tabla 1), con una mayor preferencia por las zonas más húmedas del departamento, cerca de charcas al interior del bosque, donde se han encontrado las mayores abundancias poblacionales. No obstante, a pesar de su gran abundancia y amplia distribución la existencia de vacíos considerables entre las localidades conocidas para *L. savagei* en Colombia hace pensar que su rango de distribución puede ser aún mayor que lo que se conoce actualmente. Por tal motivo, y con el objetivo de identificar posibles localidades que puedan llenar estos vacíos o expandir la distribución de *L. savagei* hacia otras áreas, en el presente trabajo se realiza una revisión detallada de la literatura de la especie, y se registra el primer caso de anomalía ocular para la misma.

La revisión de la literatura de la especie se realizó teniendo en cuenta los registros que contemplaron de manera indispensable información sobre el municipio, la localidad, y las coordenadas con un respaldo de mención en literatura gris y científica. Además, se consideraron prioritarios los reportes que contienen especímenes conservados en museos y colecciones biológicas

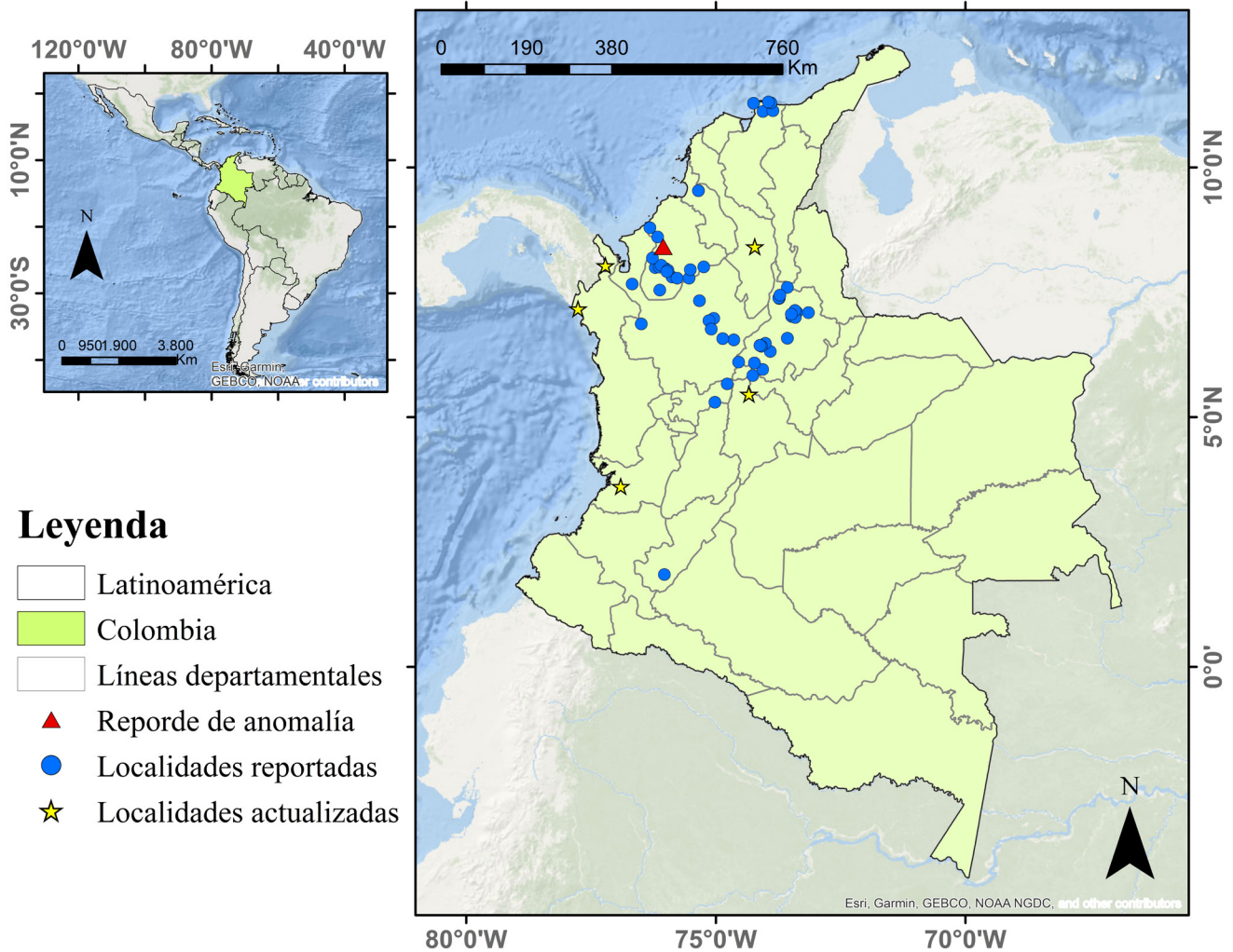


Figure 1. Current distribution of *Leptodactylus savagei* in Colombia, including the new report of ocular anomaly presented in this work (red triangle), and previous records (blue circles), records expanding the distribution of the species (yellow stars) and Records obtained from GBIF.

Figura 1. Distribución actual de *Leptodactylus savagei* en Colombia, incluyendo el nuevo reporte de anomalía ocular presentado en este trabajo (triángulo rojo), reportes previos de la especie (círculo azul), registros que amplían la distribución de la especie (estrella amarilla), y registros obtenidos de GBIF (cuadrado azul).

Table 1. Detailed list of records of *Leptodactylus savagei* in Colombia. Includes locations, voucher and geographic coordinates in decimal format. NA: Not applicable, *: Data from the specimen corresponding to the report of an ocular anomaly, **: Distribution expansion data. Bold: Records obtained from GBIF.

Tabla 1. Listado detallado de registros de *Leptodactylus savagei* en Colombia. Incluye localidades, voucher, y coordenadas geográficas en formato decimal. NA: No aplica, *: Datos del espécimen correspondiente al reporte de anomalía ocular, **: Datos de ampliación de distribución. Negrilla: Registros obtenidos desde GBIF.

Departamento	Municipio	Localidad	Voucher	Coordenadas	Fuente
Antioquia	Antioquia	La Leyenda	MHUA-A 2210	8.01° N, 75.245° W	Daza-Rojas, 2023
Antioquia	Antioquia	Río Amparrado	IavH-Am-16583	6.867° N, 76.497° W	Borja-Acosta & Galeano, 2023
Antioquia	Antioquia	Finca El Canei	MHUA-A 5247	6.933° N, 75.14° W	Daza-Rojas, 2023
Antioquia	Antioquia	Hacienda Santa Barbara	MHUA-A 4827	6.547° N, 74.644° W	Daza-Rojas, 2023

Table 1 (cont). Detailed list of records of *Leptodactylus savagei* in Colombia. Includes locations, voucher and geographic coordinates in decimal format. NA: Not applicable, *: Data from the specimen corresponding to the report of an ocular anomaly, **: Distribution expansion data. Bold: Records obtained from GBIF.

Tabla 1 (cont). Listado detallado de registros de *Leptodactylus savagei* en Colombia. Incluye localidades, voucher, y coordenadas geográficas en formato decimal. NA: No aplica, *: Datos del espécimen correspondiente al reporte de anomalía ocular, **: Datos de ampliación de distribución. Negrilla: Registros obtenidos desde GBIF.

Departamento	Municipio	Localidad	Voucher	Coordenadas	Fuente
Antioquia	Antioquia	Estación Piscícola Universidad de Antioquia	MHUA-A 1552	6.574° N, 74.865° W	Daza-Rojas, 2023
Antioquia	Antioquia	Finca La Esperanza	MHUA-A 5369	6.979° N, 75.044° W	Daza-Rojas, 2023
Antioquia	Antioquia	Bosque Normandía	MHUA-A 0111	6.762° N, 75.095° W	Daza-Rojas, 2023
Antioquia	Antioquia	Chigorodó	USNM-151901	7.667° N, 76.679° W	Orell, 2024
Antioquia	Antioquia	5 Km. al Sur de Valdivia.	ICN-9934	7.333° N, 75.331° W	Heyer, 2005
**Bolívar	**Bolívar	Río Viejo	MHUA-A 7387	8.415° N, 74.221° W	Daza-Rojas, 2023
Boyacá	Boyacá	Campo Palagua	UIS-MHN-A-4746	6.104° N, 74.547° W	Ramírez & Meneses, 2023
Boyacá	Boyacá	Parque Nacional Regional Serranía de las Quinchas	ALOP-002.	5.834° N, 74.262° W	Carvajal et al., 2022
Caldas	La Dorada	San Roque	MPUJ 2931	5.3° N, 75.022° W	Hoyos et al., 2023
Caldas	Norcasia	Reserva Nacional de la Sociedad Civil Río Manso	MHN-UCa-460	5.666° N, 74.776° W	Ramírez et al., 2022
**Chocó	Juradó	Río Jurado, El Cedral	IAvH-Am-16582	7.171° N, 77.763° W	Borja-Acosta & Galeano, 2023
**Chocó	Unguía	Arquia Limón	IAvH-CT-33185	8.038° N, 77.215° W	Borja-Acosta & Leyton, 2024
Córdoba	Los Córdoba	Finca Campo Alegre	CZUC 160-1	8.794° N, 76.325° W	Ballesteros-Correa et al., 2019
Córdoba	Montelíbano	Tierradentro	NA	7.806° N, 75.879° W	Ballesteros-Correa et al., 2019
Córdoba	Montería	Pueblo Bujo	NA	8.609° N, 76.168° W	Ballesteros-Correa et al., 2019
*Córdoba	Montería	Las Palomas	NA	8.417° N, 76.057° W	Presente estudio
Córdoba	Puerto Libertador	La Rica	NA	7.783° N, 75.779° W	Ballesteros-Correa et al., 2019
Córdoba	San José de Uré	Boca de Uré	NA	7.955° N, 75.515° W	Ballesteros-Correa et al., 2019
Córdoba	Tierralta	Parque Nacional Natural Paramillo	NA	7.917° N, 75.984° W	Ballesteros-Correa et al., 2019
Córdoba	Tierralta	Parque Nacional Natural Paramillo	NA	7.944° N, 75.964° W	Ballesteros-Correa et al., 2019
Córdoba	Tierralta	Cerro Murrucucú	CZUC 191-3	7.975° N, 76.011° W	Ballesteros-Correa et al., 2019
Córdoba	Tierralta	El Loro	ICN-55270	8.006° N, 76.134° W	Ballesteros-Correa et al., 2019

Table 1 (cont). Detailed list of records of *Leptodactylus savagei* in Colombia. Includes locations, voucher and geographic coordinates in decimal format. NA: Not applicable, *: Data from the specimen corresponding to the report of an ocular anomaly, **: Distribution expansion data. Bold: Records obtained from GBIF.

Tabla 1 (cont). Listado detallado de registros de *Leptodactylus savagei* en Colombia. Incluye localidades, voucher, y coordenadas geográficas en formato decimal. NA: No aplica, *: Datos del espécimen correspondiente al reporte de anomalía ocular, **: Datos de ampliación de distribución. Negrilla: Registros obtenidos desde GBIF.

Departamento	Municipio	Localidad	Voucher	Coordenadas	Fuente
Córdoba	Tierralta	Frasquillo	NA	7.997° N, 76.218° W	Ballesteros-Correa et al., 2019
Córdoba	Tierralta	Tuis Tuis	ICN-55272	8.043° N, 76.097° W	Ballesteros-Correa et al., 2019
Córdoba	Tierralta	Parque Nacional Natural Paramillo	ICN-52396	7.545° N, 76.125° W	Ballesteros-Correa et al., 2019
Córdoba	Valencia	Cocuelo	CZUC-205	8.186° N, 76.273° W	Ballesteros-Correa et al., 2019
Córdoba	Tierralta	Hidroelectrica Urra	NA	8.01° N, 76.2° W	Ballesteros-Correa et al., 2019
**Cundinamarca	Yacopi	Guadualito	UIS-MHN-A-0525	5.465° N, 74.337° W	Ramírez & Meneses, 2023
Huila	Pitalito	Pitalito	NA	1.85° N, 76.033° W	Grant et al., 2023
Magdalena	Santa Marta	Parque Nacional Natural Tayrona	IAvH-Am-2440	11.295° N, 73.899° W	Borja-Acosta & Galeano, 2023
Magdalena	Santa Marta	Parque Nacional Natural Tayrona	IAvH-Am-2769	11.286° N, 74.247° W	Borja-Acosta & Galeano, 2023
Magdalena	Santa Marta	Parque Nacional Natural Tayrona	USNM-200376	11.311° N, 73.951° W	Orell, 2024
Magdalena	Santa Marta	Ciudad Perdida	FNJV-44878	11.136° N, 73.859° W	Toledo, 2024
Santander	Betulia	Quebrada La Chafarota	UIS-MHN-A-4890	7.062° N, 73.491° W	Ramírez & Meneses, 2023
Santander	Betulia	Agua Mieluda	UIS-MHN-A-5690	7.018° N, 73.483° W	Ramírez & Meneses, 2023
Santander	Betulia	Altamira	UIS-MHN-A-5872	7.039° N, 73.406° W	Ramírez & Meneses, 2023
Santander	Betulia	Sogamoso	UIS-MHN-A-6379	6.998° N, 73.413° W	Ramírez & Meneses, 2023
Santander	Bucaramanga	Vía Bucaramanga-Barrancabermeja	UIS-MHN-A-5417	7.094° N, 73.149° W	Ramírez & Meneses, 2023
Santander	Cimitarra	Finca Guanomo	MHUA-A 1757	6.318° N, 73.912° W	Daza-Rojas, 2023
Santander	Cimitarra	La Tipa	UIS-MHN-A-6526	5.956° N, 74.065° W	Ramírez & Meneses, 2023
Santander	Cimitarra	El Águila,	IAvH-Am-15428	6.438° N, 74.118° W	Borja-Acosta & Galeano, 2023
Santander	Cimitarra	El Tigre	IAvH-Am-15640	6.48° N, 74.011° W	Borja-Acosta & Galeano, 2023
Santander	Cimitarra	Guineal	IAvH-Am-15449	6.085° N, 74.23° W	Borja-Acosta & Galeano, 2023
Santander	El Carmen de Chucurí	La Belleza	IAvH-CT-22777	6.58° N, 73.571° W	Borja-Acosta & Leyton, 2024
Santander	Girón	Marta	UIS-MHN-A-5881	7.104° N, 73.385° W	Ramírez & Meneses, 2023
Santander	Puerto Wilches	Finca La Esternina	IAvH-CT-42484	7.379° N, 73.734° W	Borja-Acosta & Leyton, 2024

Table 1 (cont). Detailed list of records of *Leptodactylus savagei* in Colombia. Includes locations, voucher and geographic coordinates in decimal format. NA: Not applicable, *: Data from the specimen corresponding to the report of an ocular anomaly, **: Distribution expansion data. Bold: Records obtained from GBIF.

Tabla 1 (cont). Listado detallado de registros de *Leptodactylus savagei* en Colombia. Incluye localidades, voucher, y coordenadas geográficas en formato decimal. NA: No aplica, *: Datos del espécimen correspondiente al reporte de anomalía ocular, **: Datos de ampliación de distribución. Negrilla: Registros obtenidos desde GBIF.

Departamento	Municipio	Localidad	Voucher	Coordenadas	Fuente
Santander	Puerto Wilches	Veraguas	IAvH-CT-42481	7.389° N, 73.742° W	Borja-Acosta & Leyton, 2024
Santander	Rionegro	San Rafael	UIS-MHN-A-6106	7.598° N, 73.569° W	Ramírez & Meneses, 2023
Santander	Sabana de Torres	Campo Tigre	UIS-MHN-A-3758	7.443° N, 73.718° W	Ramírez & Meneses, 2023
Sucre	Colosó	Estación Biológica Primates	IAvH-Am-10481	9.536° N, 75.35° W	Borja-Acosta & Galeano, 2023
**Valle del Cauca	Dagua	El Danubio	KUH-169090	3.616° N, 76.906° W	Bentley & Brown, 2024

tales como, el Museo de Herpetología de la Universidad de Antioquia (MHUA), el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Museo de Historia Natural de la Universidad Industrial de Santander (UIS-MHN), entre otros. También, se incluyeron algunos registros extraídos de Sistema Global de Información sobre Biodiversidad (GBIF, por sus siglas en Inglés), bajo los criterios previamente mencionados. El individuo reportado con anomalía ocular fue capturado e identificado mediante medición de longitud hocico-cloaca (LHC), registro fotográfico y posterior comparación con las descripciones de Heyer (2005).

Como resultado de este esfuerzo, reportamos la presencia de *L. savagei* para cinco localidades (Río Viejo [Departamento Bolívar], Río Jurado, Arquia Limón [Departamento Chocó], Guadualito [Departamento Cundinamarca] y El Danubio [Departamento Valle del Cauca]) previamente no comprendidos en la distribución actual de la especie. Estas localidades incluyen una ampliación considerable en su distribución hacia el occidente de Colombia (Río Jurado, Chocó) (Tabla 1), además de representar los primeros registros de la especie para los departamentos de Cundinamarca (Guadualito) y del Valle del Cauca (Danubio) (Tabla 1).

Reportamos el primer caso de anomalía ocular en un ejemplar de la especie *L. savagei*. El espécimen en cuestión fue avistado el 9 de octubre de 2022 a las 21:41 h al interior de un fragmento de Bosque seco Tropical (Bs-T) localizado en la hacienda El Pino, corregimiento Las Palomas, municipio de Montería, departamento de Córdoba (Fig. 2A). Cabe destacar que este fragmento de bosque corresponde a un relicto de bosque transicional entre seco y húmedo, el cual, ha estado sin intervención antrópica por más de dos décadas, y se encuentra rodeado de pastizales utilizados para la ganadería (Olar-

Estrada, 2012). Posteriormente, el 4 de diciembre de 2022 a las 20:27 h observamos nuevamente un ejemplar de *L. savagei* ubicado en el mismo sitio del avistamiento anterior (8.416661° N, 76.057241° W; datum WGS 84; 50 m s.n.m.). Este ejemplar fue capturado, concluyendo que se trataba del mismo individuo observado dos meses antes, gracias a la identificación de una anomalía en el ojo derecho (Fig. 2B).

El individuo capturado corresponde a una hembra adulta (LHC: 135.92 mm; Temperatura corporal: 29.8 °C), la cual fue hallada en un sustrato de tierra lodosa, vegetación arbustiva y lianescente aledaña, al borde de una quebrada. Además, evidenciamos en el lugar una cavidad en el suelo (Fig. 2D) que probablemente utiliza como refugio, coincidiendo con lo reportado previamente por Acosta-Galvis et al. (2006) y Ballesteros-Correa et al. (2019). Posterior a su manipulación, el individuo fue liberado en el mismo lugar de su captura (Fig. 2A-D). Éste a su vez, precisaba de complexión robusta y grande, con coloración marrón dorsalmente, flancos de color anaranjado y, coloración blanca en el vientre (Fig. 2A-B). Le acompañaban manchas triangulares de color marrón en el labio superior (Fig. 2B). Así mismo, las extremidades eran de color beige y anaranjado, en las cuales, se superponían bandas desiguales de color café (Fig. 2A). También, presentó un par de pliegues dorsolaterales distintivos que se originan detrás del ojo y se extienden por encima del tímpano hacia la zona sacral (Fig. 2A-B), concordando con la descripción de la especie propuesta por Heyer (2005). El sexo se determinó a partir del tamaño del espécimen, junto a la ausencia de hipertrofia muscular en los antebrazos y ausencia de pulgares queratinizados y hendiduras vocales presentes en machos (Heyer, 2005).

Evidenciamos una condición ocular anómala en el ojo derecho del individuo. Notamos que la pupila no era visible y que

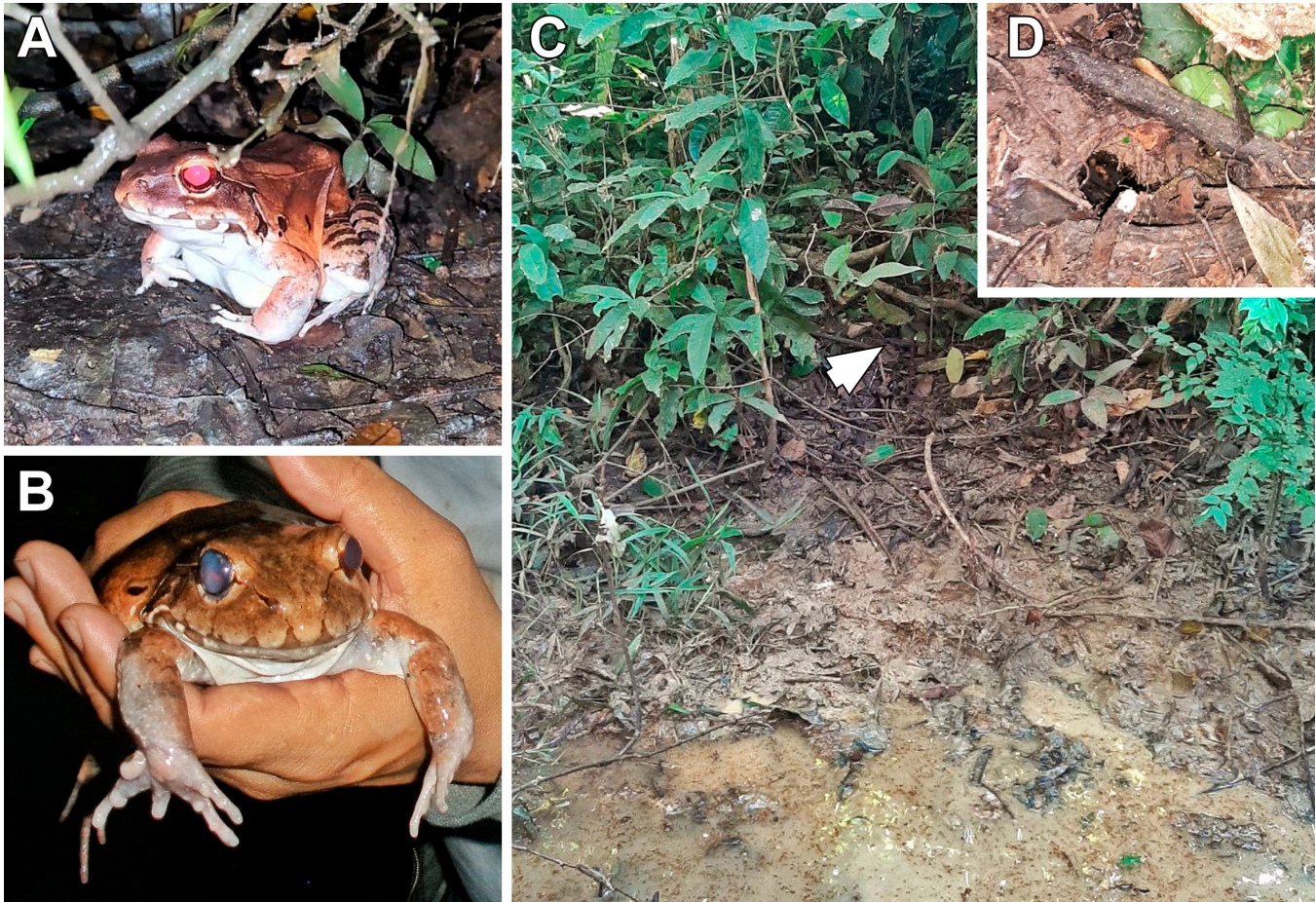


Figure 2. Adult female of *L. savagei* sighted on October 9, 2022, in the municipality of Montería (A), morphological anomaly in the right eye (B), area and substrate of the sighting (C), substrate used as a refuge by the individual (D). Photos: Meyerly Garcés (A), Daniel Gallego (B) and Andrés Monterroza (C-D).

Figura 2. Hembra adulta de *L. savagei* avistada el 9 de octubre de 2022 en municipio de Montería (A), anomalía morfológica en el ojo derecho (B), zona y sustrato del avistamiento (C), sustrato usado como refugio por el individuo (D). Fotos: Meyerly Garcés (A), Daniel Gallego (B) y Andrés Monterroza (C-D).

presentaba una especie de mancha nubosa en el ojo (Fig. 2B). Esto podría significar que el individuo fuese parcial o completamente ciego de un ojo. Sin embargo, esta condición no parecía afectar en gran medida la movilidad del individuo y debido a su tamaño y textura aparentemente se encontraba en un buen estado de salud. Cabe resaltar que los anuros dependen en gran medida de la visión para la obtención de alimentos y la evasión de depredadores, por lo que cualquier daño en uno o ambos ojos podría reducir las tasas de supervivencias de los individuos (Fite et al., 1998).

Pese a que el individuo no fue diagnosticado con detalle, la descripción física del ojo mencionada con anterioridad sugiere la presencia de cataratas, condición oftalmológica escasamente documentada en anuros (Brown, 2019; Hausmann et al., 2020; Boss & Plummer, 2022). La catarata es una condición

caracterizada por la opacidad del cristalino del ojo, que puede afectar uno o ambos ojos (unilateral o bilateral) causando deterioro visual y ceguera (Brown, 2019). En muchos casos, la causa de las cataratas en anuros es desconocida, sin embargo, la causa más común de esta condición está asociada con la edad avanzada (Williams & Whitaker, 1994). Además, en algunos casos se ha observado en renacuajos y anuros adultos en cautiverio donde la exposición prolongada a luz UV-B puede llevar a la formación de cataratas (Boss & Plummer, 2022). Esta anomalía ha sido previamente documentada en especies pertenecientes al género *Leptodactylus*, como *L. fallax*, *L. latrans*, *L. vastus*, *L. fuscus*, entre otros (Rosa et al., 2016; Henle & Dubois, 2017; Pedroso-Santos et al., 2020; Souza et al., 2021). Sin embargo, no se cuenta con algún precedente para la especie *L. savagei*.

La información en Colombia sobre las observaciones de *L. savagei*, su historia natural y hábitat se encuentra dispersa en diversas publicaciones, lo cual podría resultar que, en aspectos importantes, como la distribución, mucha de esta información pase desapercibida o no sea considerada en su totalidad. El presente trabajo reúne todos los registros de localidades reportadas para la especie, proporcionando una visión general y actualizada de la presencia de esta especie en el país, información que constituye un componente importante para la investigación y toma de decisiones relacionadas con la conservación (Sillero et al., 2014).

Dado que, las observaciones que se han hecho se limitan a las dos salidas de campo en los meses de octubre y diciembre de 2022, se desconoce el impacto que pueda tener la presencia de esta condición en sus poblaciones, Sin embargo, teniendo en cuenta que la mayoría de los casos reportados de cataratas en anuros están asociados al envejecimiento, es probable que el impacto en las poblaciones sea mínimo, ya que afecta a especímenes con posibilidades reproductivas reducidas o nulas.

Es fundamental realizar más muestreos de la rana *L. savagei* en regiones poco exploradas tanto en las localidades ya conocidas como en otras zonas con condiciones favorables para la especie, con el fin de conocer más a fondo el rango de su distribución y para permitir el reconocimiento de más anomalías morfológicas, su frecuencia y causas en distintas poblaciones de la especie.

Agradecimientos.— Agradecemos a los propietarios y administradores de la Hacienda el Pino (Corregimiento Las Palomas, Montería, Córdoba) por el acceso al campamento y zona boscosa dentro de la propiedad, en especial al señor Donel y la señora María por su acogimiento ameno en la localidad de estudio. Así mismo, al Grupo de Investigación Biodiversidad UniCórdoba, ya que, este reporte nace de los esfuerzos en investigación de dicho grupo mediante el macro proyecto “Funcional” de la Universidad de Córdoba, Colombia. También, a Giovany Díaz por sus aportes y correcciones en el manuscrito. El ejemplar reportado no fue colectado y fue manipulado mediante las normas y la Política Nacional de Protección y Bienestar Animal.

LITERATURA CITADA

- Acosta-Galvis, A.R., C. Huertas-Salgado & M. Rada. 2006. Aproximación al conocimiento de los anfibios en una localidad del Magdalena Medio (Departamento de Caldas, Colombia). Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 30:291-303.
- Morales-González. 2022. Caracterización de fauna en diferentes gradientes altitudinales del departamento de Boyacá, Colombia. Tesis de Pregrado Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Cundinamarca, Colombia.
- Ballesteros-Correa, J., C. Vidal-Pastrana & A.M. Ortega-León. 2019. Anfibios de Córdoba, Colombia. Tesis de Pregrado. Universidad de Córdoba, Montería, Córdoba, Colombia.
- Bentley, A. & R. Brown. 2024. KUBI Herpetology Collection. Version 31.86. University of Kansas Biodiversity Institute. <https://www.gbif.org/dataset/dce00a1f-f6b4-4e11-9771-92c62c40ad80> [Consultado en febrero 2024].
- Bernal, M.H. & J.D. Lynch. 2008. Revisión y análisis de la distribución altitudinal de los anuros andinos en Colombia. Zootaxa 1826:1-25.
- Borja-Acosta, K.G. & L.M. Leyton-Ramos. 2024. Colección de Tejidos del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH-CT). Versión 20.9. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <https://ipt.biodiversidad.co/iavh/resource?r=iavh-ct> [Consultado en febrero 2024].
- Borja-Acosta, K.G. & S. Galeano-Muñoz. 2023. Colección de Anfibios del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH-Am). Version 37.6. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <https://www.gbif.org/zh/dataset/9c2d26f1-0ceo-4cde-9f8d-de8284404fff> [Consultado en febrero 2024].
- Boss, C. & C.E. Plummer. 2022. Ophthalmology of amphibia: Caecilians, salamanders, frogs, toads, and relatives. En Montiani-Ferreira, F., B.A. Moore & G. Ben-Shlomo (Eds.), Wild and Exotic Animal Ophthalmology. Springer International Publishing, Cham, Switzerland.
- Brown, T. 2019. Cataract and lens opacification in a wild toad *Incilius leucomyos* (Anura: Bufonidae). The Herpetological Bulletin 150:35-36.
- CITES. 2023. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Apéndices I, II y III de la CITES. <http://checklist.cites.org/> [Consultado en enero 2024].
- Cochran, D.M. & C.J. Goin. 1970. Frogs of Colombia. Smithsonian Institution Press, Washington D.C., USA.



- Cuentas D., R. Borja, J.D. Lynch & J.M. Renjifo. 2002. Anuros del departamento del Atlántico y norte de Bolívar. Universidad del Atlántico, Colombia.
- Daza-Rojas, J.M. 2023. Colección de anfibios - Museo de Herpetología de la Universidad de Antioquia. Versión 7.4. Universidad de Antioquia, Colombia.
- Fite, K.V., Blaustein, A., Bengston, L. & H.E. Hewitt. 1998. Evidencia de daño por luz en la retina en *Rana cascadae*: una especie de anfibio en declive. *Copeia* 4:906.
- Grant, S., Webbink, K. & A. Resetar. 2023. Field Museum of Natural History (Zoology) Amphibian and Reptile Collection. Versión 12.9. Museo de Campo, Colombia.
- Hausmann, J.C., Weaver, T.J., & K.S. Freeman. 2020. Hallazgos del examen oftálmico y mediciones de la presión intraocular en seis especies de Anura. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 50:845.
- Henle, K. & A. Dubois. 2017. Studies on Anomalies in Natural Populations of Amphibians. *Mertensiella* 25:185-242.
- Heyer, W.R. 2005. Variation and taxonomic clarification of the large species of the *Leptodactylus pentadactylus* species group (Amphibia: Leptodactylidae) from Middle America, northern South America, and Amazonia. *Arquivos de Zoologia* 37:269.
- Hoyos, J.M., E.E. Herrera-Collazos, & M.A. Rodríguez-Morales. 2023. Colección de anfibios del Museo de Historia Natural de la Pontificia Universidad Javeriana. Versión 4.5. Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.
- Ibáñez, R.D., A.S. Rand & C.A. Jaramillo. 1999. Los Anfibios Del Monumento Natural De Barro Colorado, Parque Nacional Soberanía y Áreas Adyacentes. Fundación Natura, Círculo Herpetológico de Panamá, Smithsonian Tropical Research Institute, Panamá.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2020. *Leptodactylus savagei*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T136079A54357258. <http://www.iucnredlist.org> [Consultado en enero 2024]
- Kalantan, H. 2012. Posterior polar cataract: A review. *Saudi Journal of Ophthalmology*, 26:41-49.
- Laurenti, J.N. 1768. Specimen Medicum, Exhibens Synopsis Reptilium Emendatum cum Experimentis Circa Venena et Antidota Reptilium Austriacorum. Joan. Thom. nob. de Trattner, Wien, Austria.
- McCranie, J.R. & L.D. Wilson. 2002. The amphibians of Honduras. Salt Lake City, Utah: Society for the Study of Amphibians and Reptiles.
- Muedeking, M.H. & W.R. Heyer. 1976. Descriptions of eggs and reproductive patterns of *Leptodactylus pentadactylus* (Amphibia: Leptodactylidae). *Herpetologica* 32:137-139.
- Olarte-Estrada, P. 2012. Evaluación de la oferta forrajera y la calidad de las pasturas en ganado de ceba, en la Hacienda Pino Agropecuaria Bajogrande (Doctoral dissertation). Unilasallista Corporación Universitaria, Colombia.
- Orrell, T. 2024. NMNH Extant Specimen Records (USNM, US). Versión 1.79. National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington D.C., USA.
- Ovalle-Pacheco, A., C. Camacho-Rozo & S. Arroyo. 2019. Amphibians from Serranía de Las Quinchas, in the mid-Magdalena river valley, Colombia. *Check List* 15:387-40.
- Pedroso-Santos, F., P.R. Sanches, J.C. Sousa & C.E. Costa-Campos. 2020. Anomalies in amphibians from the eastern Amazon region. *Herpetological Bulletin* 153:22-25.
- Ramírez-Pinilla, M.P. & E. Meneses-Pelayo. 2023. Colección Herpetológica (Anfibios) del Museo de Historia Natural de la Universidad Industrial de Santander. Versión 3.4. Universidad Industrial de Santander, Colombia.
- Ramírez-Chaves, H.E., H.F. Arias-Monsalve, J.J. Henao-Osorio, A. Cardona-Giraldo, L.S. Caicedo-Martínez, J.A. Rojas-Morales & E.A. Cardona-Galvis. 2022. Anfibios - Colección de Vertebrados e Invertebrados - Museo de Historia Natural Universidad de Caldas. Versión 1.4. Universidad de Caldas, Colombia.
- Renjifo, J.M. & M. Lundberg. 1999. Guía de Campo Anfibios y Reptiles de Urrá. Colina. Medellín, Colombia.
- Rodríguez-Moreno R.A, J.E. Ortega-Chinchilla, M.P. Ramírez-Pinilla & V.H. Serrano-Cardozo. 2014. Anfibios, Reptiles y Mamíferos del Área de Influencia, Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso, Guía ilustrada. ISAGEN - Universidad Industrial de Santander, Grupo de Estudios en Biodiversidad. Bucaramanga, Colombia.



- Romero J.H. & J.D. Lynch. 2012. Anfibios de la Región Caribe. En Rangel-Ch., J.O. (Ed.), Colombia Diversidad Biótica XII. La región Caribe de Colombia. Universidad Nacional de Colombia-Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá D.C.
- Romero, J.H., C.C. Vidal & J.D. Lynch. 2008. Estudio preliminar de la fauna Amphibia en el Cerro Murrucucú, Parque Natural Nacional Paramillo y zona amortiguadora, Tierralta, Córdoba, Colombia. *Caldasia* 30:209-229.
- Rosa, G.M., A. Fernández-Loras, B. Ferreira & F. Fernández-Fernández. 2016. Ophthalmological lesion in a wild individual of Mountain chicken frog (*Leptodactylus fallax*). *Archives of Veterinary Science* 21:107-114.
- Ruthven, A.G. 1922. The Amphibians and Reptiles of the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia, Tesis de Maestría. University of Michigan, Michigan, USA.
- Savage, J.M. 2002. The amphibians and reptiles of Costa Rica: a herpetofauna between two continents, between two seas. Tesis de Maestría. University of Chicago Press. Chicago, Illinois, USA.
- Sillero, N., J. Campos, A. Bonardi, C. Corti, R. Creemers, P.A. Crochet, J. Crnobrnja-Isailović, M. Denoël, G.F. Ficetola, J. Gonçalves, S. Kuzmin, P. Lymberakis, P. de Pous, A. Rodríguez, R. Sindaco, J. Speybroeck, B. Toxopeus, D.R. Vieites & M. Vences. 2014. Updated distribution and biogeography of amphibians and reptiles of Europe. *Amphibia-Reptilia* 35:1-31.
- Souza, F.C., A.L.F. da Silva, C.S. Dos Anjos, T.F. Estevinho, M. de Oliveira-Lisboa & M. Menin. 2021. New anomaly records in anurans, with a review for Brazil. *Herpetology Notes* 14:31-41.
- Valdés-Orellana, L. & J.R. McCranie. 2011. Geographic distribution: *Leptodactylus savagei*. *Herpetological Review* 42:10.
- Williams, D.L. & B.R. Whitaker. 1994. The amphibian eye –a clinical review. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 25:18-28.



SNAKES AS HOSTS FOR *CENTRORHYNCHUS* (ACANTHOCEPHALA) CYSTACANTHS IN THE BRAZILIAN PAMPA

SERPIENTES COMO HOSPEDEROS DE *CENTRORHYNCHUS* (ACANTHOCEPHALA) CISTACANTOS EN LA PAMPA BRASILEÑA

Julia Veiga Pereira¹, Carolina Silveira Mascarenhas^{2*} & Gertrud Müller³

¹Independent Researcher. São Paulo, Brazil.

²Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSul), Campus Pelotas, Praça Vinte de Setembro, 455, Centro, CEP 96015-360, RS, Brazil.

³Independent Researcher. Pelotas, Brazil.

*Correspondence: nmora@uv.mx

Received: 2024-06-15. Accepted: 2024-11-07. Published: 2025-03-03.

Editor: Ana Gatica Colima, México.

Resumen.— Las serpientes pueden actuar como hospederos paraténicos de *Centrorhynchus* spp., pero hay pocos registros en Brasil. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo registrar cistacantos de *Centrorhynchus* y sus índices de infección en diferentes especies de serpientes del bioma Pampa, en el sur de Brasil. Se examinaron 42 individuos pertenecientes a once especies. Veintisiete (64.29 %) serpientes estuvieron parasitadas por cistacantos de *Centrorhynchus*. La intensidad media de la infección osciló entre 5.50 y 139.33 helmintos/hospedero. *Pseudablabes patagoniensis*, *Philodryas olfersii* y *Erythrolamprus poecilogyrus* tuvieron mayores intensidades de infección: 836, 248 y 235 cistacantos, respectivamente. *Atractus reticulatus*, *Phalotris lemniscatus* y *Dipsas ventrimaculata* no se encontraron parasitados. *Thamnodynastes strigatus*, *Philodryas aestiva*, *Erythrolamprus jaegeri*, *Helicops infrataeniatus* y *Bothrops alternatus* se registraron por primera vez como hospederos de cistacantos de *Centrorhynchus*. Las serpientes representan un puente trófico para que el parásito llegue al hospedador final y se desarrolle hasta adulto para completar su ciclo vital.

Palabras clave.— Dipsadidae, hospedero paraténico, índices de infección, Viperidae.

Abstract.— Snakes may act as paratenic hosts for *Centrorhynchus* species, but there are few records in Brazil. Therefore, this study aimed to record *Centrorhynchus* cystacanths and their infection indices in different snake species from the Pampa biome in southern Brazil. Forty-two individuals belonging to eleven species were examined. Twenty-seven (64.29 %) snakes were parasitized by *Centrorhynchus* cystacanths. Mean intensities of infection ranged from 5.50 to 139.33 helminths/host. *Pseudablabes patagoniensis*, *Philodryas olfersii* and *Erythrolamprus poecilogyrus* were the species with the highest intensities of infection: 836, 248 and 235 cystacanths, respectively. *Atractus reticulatus*, *Phalotris lemniscatus* and *Dipsas ventrimaculata* were not parasitized. *Thamnodynastes strigatus*, *Philodryas aestiva*, *Erythrolamprus jaegeri*, *Helicops infrataeniatus* and *Bothrops alternatus* were recorded for the first time as hosts for *Centrorhynchus* cystacanths. Snakes represent a trophic bridge for the parasite to reach the final host and develop into an adult to complete its life cycle.

Keywords.— Dipsadidae, infection indices, paratenic host, Viperidae

INTRODUCTION

The diversity of snakes is represented by 4,145 species worldwide (Uetz et al., 2024), and 435 species have been recorded for Brazil (Guedes et al., 2023). Snakes participate in complex trophic webs since they may act as predators of various animals (vertebrates

and invertebrates) and as prey for several species of birds, mammals and reptiles (Bernarde, 2012; Bellini et al., 2015). Snakes may be found in different habitats, such as aquatic, semi-aquatic, fossorial, terrestrial, cryptozoic, semi-arboreal



and arboreal ones (Marques et al., 2001; Bernarde, 2012; Bellini et al., 2015). These characteristics enable them to act as hosts for a rich variety of helminths, but there is a large gap in knowledge about species associated with snakes and aspects related to parasite-host interactions.

Centrorhynchus Lühe, 1911 (Palaeacanthocephala: Centrorhynchidae) species parasitize intestines of birds and mammals, which are infected when they ingest arthropods (intermediate hosts), amphibians or reptiles (paratenic hosts) that carry infective forms (cystacanths) (Petrochenko, 1971; Amato et al., 2003; Kennedy, 2006). Oliveira et al. (2024) listed vertebrate hosts in South America; in Brazil, Argentina, Paraguay and Peru, 16 species of snakes (mainly Colubridae and Dipsadidae) were recorded as hosts for *Centrorhynchus* cystacanths.

The Pampa biome extends across Uruguay, Argentina and Brazil. The Brazilian Pampa, which covers 2.3 % of the country (193,836 km²) in Rio Grande do Sul (RS) state (60 % of its area), is the second smallest biome in the country (IBGE, 2019). It constitutes the largest temperate grassland ecosystem in South America (Bencke et al., 2016) with pastures, forests and woodlands, savannah-type parks, palm groves, rocky outcrops, dunes, different types of wetlands and bodies of water (Chomenko & Bencke, 2016; IBGE, 2019; Andrade et al., 2023; Farias et al., 2023). In the Pampa biome, there are only records of *Centrorhynchus* sp. (cystacanths) in snakes, one in *Philodryas olfersii* (Lichtenstein, 1823); in the Brazilian Pampa (Silva & Müller, 2012), and one in *Paraphimophis rusticus* (Cope, 1878); in the Argentinian Pampa (Vizcaíno, 1993). Therefore, this study aimed to record *Centrorhynchus* cystacanth and their infection indices in snake species in the Pampa biome, southern Brazil, and contribute to knowledge about their parasitic fauna in the country.

MATERIALS AND METHODS

Forty-two specimens of the following species were examined: *Atractus reticulatus* (Boulenger, 1885) (n = 1), *Phalotris lemniscatus* (Duméril, Bibron & Duméril, 1854) (n = 1), *Philodryas aestiva* (Duméril, Bibron & Duméril, 1854) (n = 1), *Erythrolamprus jaegeri* (Günther, 1858) (n = 2), *Thamnodynastes strigatus* (Günther, 1858) (n = 2), *Dipsas ventrimaculata* (Boulenger, 1885) (n = 3), *Philodryas olfersii* (n = 4), *Pseudablabes patagoniensis* (Girard, 1858) (n = 6), *Helicops infrataeniatus* Jan, 1865 (n = 6), *Erythrolamprus poecilogyrus* (Wied-Neuwied, 1825) (n = 10) (Dipsadidae) and *Bothrops alternatus* (Duméril, Bibron & Duméril, 1854) (n = 6) (Viperidae). Snakes were collected in Capão do Leão (31° 45' 48" S, 52° 29' 02" W), Pelotas (31° 46' 19" S, 52° 20' 33" W), Rio Grande (32° 02' 06"

S, 52° 05' 55" W), Encruzilhada do Sul (30° 32' 38" S, 52° 31' 19" W) and Dom Pedrito (30° 58' 58" S, 54° 40' 23" W), RS, Brazil. Thirty-four were found dead on roads from March 2017 to June 2019. Collections were licensed by the Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio - SISBIO No. 38913). Four snakes were donated by the Núcleo de Reabilitação da Fauna Silvestre and Centro de Triagem de Animais Silvestres at the Federal University of Pelotas (NURFS-CETAS/UFPel), where they died after a rehabilitation attempt. Four *E. poecilogyrus* were donated by the Vertebrate Zoology Laboratory at the Federal University of Pelotas, where specimens were fixed in formalin and conserved in 70° GL ethanol.

Hosts were necropsied for the analysis of infection sites. Acanthocephalans were removed from cysts, compressed and fixed in AFA, conserved in 70 °GL ethanol, stained with Langeron carmine or Delafield hematoxylin, cleared with creosote and mounted with Canada balsam (Amato et al., 1991). Systematic determination of helminths was carried out in agreement with Petrochenko (1971), Vizcaíno (1993) and Santos & Amato (2010). Representative specimens were deposited in the Helminthological Collection in the Oswaldo Cruz Institute (CHIOC 39735 and 39191). Ecological parameters were calculated in agreement with Bush et al. (1997).

RESULTS

Twenty-seven snakes (64.29 %) were parasitized by *Centrorhynchus* cystacanths, which were found in the coelom cavity of the hosts. Results show that 1,597 helminths (mean abundance was 38.02; mean intensity of infection was 59.15) were associated with eight snake species (Table 1). *Atractus reticulatus* (n = 1), *P. lemniscatus* (n = 1) and *D. ventrimaculata* (n = 3) were not parasitized by acanthocephalans. Mean intensities of infection ranged from 5.50 to 139.33 helminths/host (Table 1). *Pseudablabes patagoniensis*, *P. olfersii* and *E. poecilogyrus* exhibited the highest infection rates: 836, 248 and 235 cystacanths, respectively.

DISCUSSION

Interactions between snakes and acanthocephalans are little known in South America, especially the ones that occur in the Pampa biome. Regarding *Centrorhynchus*, there are records of 10 species of Dipsadidae snakes and one of Viperidae as cystacanths hosts in South America (Oliveira et al., 2024), where two records correspond to the Pampa biome (Vizcaíno, 1993; Silva & Müller, 2012). Concerning snakes investigated by this study, there are reports of *Centrorhynchus* cystacanths in *P. patagoniensis* and *E. poecilogyrus* in Paraguay (Smales, 2007) and in *P. olfersii* in the

Tabla 1. Prevalencia (P %), intensidad media de infección (MII), abundancia media (MA) y range (R) de cisticantos de *Centrorhynchus* parásitos de serpientes (Dipsadidae y Viperidae) en diferentes sitios de colecta en el bioma Pampa, sur de Brasil. n - número de especímenes examinados.

Table 1. Prevalence (P %), mean intensity of infection (MII), mean abundance (MA) and range (R) of *Centrorhynchus* cystacanthus parasites of snakes (Dipsadidae and Viperidae) in different collection sites in the Pampa biome, southern Brazil. n - number of examined specimens

Host	P%	MII	MA	R	Collection sites
Dipsadidae					
<i>Erythrolamprus poecilogyrus</i> (n = 10)	50.00	47.00	23.50	1 - 169	Capão do Leão and Pelotas
<i>Pseudablabes patagoniensis</i> (n = 6)	100.00	139.33	139.33	1 - 542	Capão do Leão and Encruzilhada do Sul
<i>Helicops infrataeniatus</i> (n = 6)	100.00	17.40	14.50	3 - 39	Capão do Leão and Pelotas
<i>Philodryas olfersii</i> (n = 4)	100.00	62.00	62.00	3 - 117	Capão do Leão and Pelotas
<i>Erythrolamprus jaegeri</i> (n = 2)	100.00	36.00	36.00	17 - 55	Capão do Leão
<i>Thamnodynastes strigatus</i> (n = 2)	100.00	29.50	29.50	21 - 38	Capão do Leão
<i>Philodryas aestiva</i> (n = 1)	100.00	49.00	49.00	49	Capão do Leão
Viperidae					
<i>Bothrops alternatus</i> (n = 6)	33.33	5.50	1.83	4 - 7	Capão do Leão

study area (Silva & Müller, 2012). Therefore, this is the first report of *Centrorhynchus* cystacanths in *T. strigatus*, *P. aestiva*, *E. jaegeri*, *H. infrataeniatus* and *B. alternatus*.

Many parasitological studies with South American snakes have been carried out with a low number of hosts per species (as in the present study), so it's important to consider this issue when interpreting infection indices. However, even with only a few hosts, investigations of this nature act as a starting point for complementary studies with a greater number of hosts, to expand information on parasite loads. Smales (2007) investigated 115 snakes of different species from Paraguay and southeast Brazil and reported that the prevalence of *Centrorhynchus* cystacanths ranged from 5.3 % to 100 % and mean intensities ranged from 1 to 7 helminths/host. On the other hand, Lamas & Lunaschi (2009), in Argentina, recorded a high number of parasites (600 cystacanths) in a single Colubridae host (*Leptophis ahaetulla* [Linnaeus, 1758]). Vizcaino (1993) found cystacanths (*Centrorhynchus* sp.) in *P. rusticus* (Dipsadidae) in the Province of Buenos Aires, Argentina (included in the Pampa biome), but he did not report the intensity of infection. Regarding the species investigated by this study, Silva & Müller (2012) examined two *P. olfersii* snakes, which were parasitized at intensities of infection of 109 and 131 cystacanths (*Centrorhynchus* sp.), i.e., mean intensity of infection was higher (120 helminths/host) than that recorded by this study (62.0 helminths/host), in which all four examined snakes were parasitized. On the other hand, in the cases of *P. patagoniensis* and *E. poecilogyrus*, Smales (2007) recorded mean intensities of infection that were much lower (3 helminths/host per snake) than those found by this study. Regarding records of

Viperidae species in South America, there is only the report of *Centrorhynchus tumidulus* (Rudolphi, 1919) cystacanths in *Lachesis lanceolatus* Lacépède, 1789 (= *Bothrops lanceolatus* [Bonnaterre, 1790]) in Brazil, but there is information neither on the site of the record nor on its infection rates (Travassos, 1926). This viperid may have been *Bothrops jararaca* (Wied-Neuwied, 1824) since *B. lanceolatus* is an insular species native to Central America (Lesser Antilles: Martinique) (Tanasov et al., 2003; Uetz et al., 2024). According to Tanasov et al. (2003), at the beginning of the 20th century, *B. lanceolatus* was not known to be exclusive to the insular condition and the name (*L. lanceolatus*) was adopted to designate other continental representatives.

Infection rates observed in different species may reflect aspects related to the diet and habitat of hosts since snakes under investigation use several habitats and food resources that may lead to infection by *Centrorhynchus* spp. In general, transmission of *Centrorhynchus* spp. involves prey-predator interactions, i.e., it depends on the trophic chain to develop its life cycle. Cystacanths (infective forms of the parasite) develop in an obligate intermediate host (e.g., isopod crustaceans) and may use facultative paratenic hosts (e.g., amphibians and reptiles), which ingest the arthropods and act as carriers of infective forms. Birds and mammals (definitive hosts) get infected by ingesting cystacanths through predation on them (Petrochenko, 1971; Amato et al., 2003; Kennedy, 2006).

Complex trophic webs involving a wide diversity of hosts may enhance transmission of cystacanths since several paratenic *Centrorhynchus* hosts have been recorded (Oliveira et al. 2024).

Thus, it may be hypothesized that the parasite uses more than a facultative host to reach definitive hosts. *Centrorhynchus* sp. cystacanths have been reported in several anuran species (Oliveira et al., 2024); in the study area of this work, there are records in *Boana pulchella* (Duméril & Bibron, 1841) (Hylidae) (Silveira et al., 2022), *Rhinella dorbignyi* (Duméril & Bibron, 1841) (Bufonidae) (Coimbra et al., 2023) and *Aquarana catesbeiana* (Shaw, 1802) (Ranidae) (Oliveira et al., 2024), in which prevalence and intensities of infection ranged from 51.1 % to 61 % and from 4.85 to 17.1 helminths/host, respectively (Silveira et al., 2022; Coimbra et al., 2023; Oliveira et al., 2024). These anurans may be potential preys and transmitters of cystacanths to snakes investigated in the Pampa biome. Most snakes in this study feed on anurans (Bernarde et al., 2000; Aguiar & Di-Bernardo, 2004; Hartmann & Marques, 2005; Quintela & Loebmann, 2009; Bellini et al., 2015; Corrêa et al., 2016; Thaler et al., 2018; Quintela & Loebmann, 2019). Among the species analyzed, *P. patagoniensis* has a generalist diet that includes anurans and snakes (including its own species) (Hartmann & Marques, 2005; Bellini et al., 2015; Quintela & Loebmann, 2019). *Phalotris lemniscatus* feeds on amphisbaenians and other snakes, while *D. ventrimaculata* is specialized in mollusks and *A. reticulatus* feeds on annelids (Achaval & Olmos, 2003; Balestrin et al., 2007; Quintela & Loebmann, 2009; Bellini et al., 2015). Therefore, it may be suggested that the occurrence and infection rates of cystacanths in snakes under study may be directly related to the ingestion of anurans and even snakes, which are important food resources for these species. Likewise, absence of cystacanths in *A. reticulatus* and *D. ventrimaculata* reflects their diet. Parasitized snakes may act as potential transmitters of cystacanths to mammals and birds through the trophic chain since they are an important food resource for several species. Hosts for *Centrorhynchus* spp. in South America, such as *Lycalopex gymnocercus* (Fischer, 1814), *Cerdocyon thous* (Linnaeus, 1766) and *Chrysocyon brachyurus* (Illiger, 1815) (Canidae), and birds, such as *Rupornis magnirostris* (Gmelin, 1788), *Urubitinga urubitinga* (Gmelin, 1788) (Accipitridae), *Guiraguira* (Gmelin, 1788) (Cuculidae) and *Athene cunicularia* (Molina, 1782) (Strigidae) (Oliveira et al., 2024), include snakes in their diets (Panasci & Whitacre, 2000; Silva & Talamoni, 2003; Vieira & Teixeira, 2008; Varela et al., 2008; Soave et al., 2008; Abegg et al., 2015; Porto & Rui, 2019; Frota et al., 2021). Two of these records were in the Pampa biome: *C. tumidulus* in *G. guira* (Cordero, 1933) and *Centrorhynchus* sp. in *L. gymnocercus* and *C. thous* (Ruas et al., 2008). Thus, snakes represent a trophic bridge for the parasite to reach the final host and develop into an adult, a fact that enables the life cycle of the parasite to continue. However, further studies of a larger number of snakes and integrative taxonomic studies of cystacanths are important to understand parasite-host interactions and aspects related to transmission and life cycle of *Centrorhynchus* species.

Finally, it should be emphasized that the investigation into parasites associated with vertebrates that have been run over is a viable alternative for helminthological research, as highlighted by Mascarenhas et al. (2022), who expanded knowledge about helminths associated with freshwater turtles (dead specimens found on highways in the Brazilian Pampa). One of the anthropogenic disturbances caused by urbanization is the construction of highways, which, even after construction, cause impacts on biodiversity since they represent barriers to the habitat of many species and even pose risks to those that try to cross them. Thus, several organisms end up dying, the case of most snakes investigated by this study. Therefore, the study of parasites and their relations with the environment and their hosts may provide fundamental tools for biodiversity conservation programs since parasites are important environmental indicators (Marcogliese, 2005; Vidal-Martinez et al., 2010).

Among all Brazilian biomes, the Pampa is the one with the lowest coverage of protected areas, i. e., only 0.6 % of its area (Ribeiro et al., 2021). The area covered by non-forest natural formations fell by 30 % between 1985 and 2022 (MapBiomas, 2024). Land use activities in the biome include agriculture, livestock production (on natural grasslands), forest plantations and urbanization (Souza et al., 2020), with agriculture and livestock production accounts for 43.5 % of the area of the Brazilian Pampa (MapBiomas, 2024). Biodiversity of the Brazilian Pampa includes approximately 12,000 species (Andrade et al., 2023) that interact in complex life cycles, which include *Centrorhynchus* species and their various hosts. Snakes play a significant role in the transmission of these parasites, which use prey-predator interactions to complete its life cycle.

Acknowledgements. – The Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (ICMBio) approved the study protocol through the permit authorization (SISBIO No. 38913). The authors thank Ricardo R. C. Silva, Marco Antonio A. Coimbra, José Eduardo F. Dornelles, the Núcleo de Reabilitação da Fauna Silvestre e Centro de Triagem de Animais Silvestres (NURFS/CETAS/UFPel) and the Vertebrate Zoology Laboratory (DEZG/IB/UFPel) for donating the snakes under study. They also thank Líia Lunaschi and Fabiana Drago for their bibliographical assistance. The authors declare no competing interests. This study was funded by the Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES) (process no. 32/2010), the postdoctoral fellowship (2014-2019) was granted by the Programa Nacional de Pós-doutorado (PNPD) at the Programa de Pós-graduação em Microbiologia e Parasitologia/Universidade Federal de Pelotas (PPGMPar/UFPel) to CSM and the scientific initiation fellowship (2018-2019) was funded by the Conselho Nacional

de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) at the Universidade Federal de Pelotas to JVP.

CITED LITERATURE

- Abegg, A.D., O.M. Entiauspe-Neto, H.C. Costa & O.S. Santos. 2015. *Erythrolamprus poecilogyrus* spp. (Serpentes: Dipsadidae): predação. *Herpetologia Brasileira* 4:60-63.
- Achaval, F. & A. Olmos. 2003. *Anfibios y Reptiles del Uruguay*. Graphis, Montevideo. Uruguay.
- Aguiar, L.F.S. & M. Di-Bernardo. 2004. Diet and Feeding Behavior of *Helicops infrataeniatus* (Serpentes: Colubridae: Xenodontinae) in Southern Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 39:7-14.
- Amato J.F.R., W.A. Boeger & S.B. Amato. 1991. Coleta e Processamento de Parasitos do Pescado. *Imprensa Universitária, UFRRJ, Rio de Janeiro, Brazil*.
- Amato, J.F., S.B. Amato, P.B. Araújo & A.F. Quadros. 2003. First report of pigmentation dystrophy in terrestrial isopods, *Atlantoscia floridana* (van Name) (Isopoda, Oniscidea), induced by larval acanthocephalans. *Revista Brasileira de Zoologia* 20:711-716.
- Andrade, B.O., W. Dröse, C.A. Aguiar, E.T. Aires, D.J. Alvares, R.L. Barbieri, et al. 2023. 12,500+ and counting: biodiversity of the Brazilian Pampa. *Frontiers of Biogeography* 15:e59288.
- Balestrin, R.L., M. Di-Bernardo & A.G. Moreno. 2007. Feeding ecology of the neotropical worm snake *Atractus reticulatus* in southern Brazil. *Herpetological Journal* 17:62-64.
- Bellini, G.P., A.R. Giraud, V. Arzamendia & E.G. Etchepare. 2015. Temperate snake community in South America: is diet determined by phylogeny or ecology? *PloS ONE* 10:e0123237.
- Bencke, G.A., L. Chomenko & D.M. Sant'Anna. 2016. O que é o Pampa? In: Chomenko L. & G.A. Bencke (Org.) *Nosso Pampa Desconhecido*. Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, pp 17-27. <https://sema.rs.gov.br/projeto-rs-biodiversidade>. [Accessed in April 2024].
- Bernarde, O.S. 2012. *Anfibios e Répteis: Introdução ao Estudo da Herpetofauna Brasileira*. Anolis Books, São Paulo, Brazil.
- Bernarde, O.S., J.C. Moura-Leite, R.A. Machado & M.N. Kokobum. 2000. Diet of the colubrid snake, *Thamnodynastes strigatus* (Günther, 1858) from Paraná state, Brazil, with field notes on anuran predation. *Revista Brasileira de Biologia* 60:695-699.
- 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.
- Cordero, E.H. 1933. Sur quelques acanthocéphales de L'Amérique Méridionale, I. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée* 11:271-279.
- Coimbra, M.A.A., C.S. Mascarenhas, A.B.D. Henzel, J.H. Wolter, R.R.C. da Silva, F.L. da Silveira & G. Müller. 2023. Parasite-host relations and new reports of helminths for *Rhinella dorbignyi* (Duméril & Bibron, 1841) (Anura: Bufonidae) from Neotropical region. *Parasitology International* 96:102766.
- Corrêa, D.N., F.M. Quintela & D. Loebmann. 2016. Feeding ecology of *Erythrolamprus jaegeri jaegeri* (Günther, 1858) and *Erythrolamprus poecilogyrus sublineatus* (Cope, 1860) in the coastal zone of Subtropical Brazil (Serpentes, Dipsadidae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 88:293-308.
- Chomenko, L. & G.A. Bencke. 2016. *Nosso Pampa Desconhecido*. Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. <https://sema.rs.gov.br/projeto-rs-biodiversidade>. [Accessed in April 2024].
- Farias, F.M., C.A.R. Melo, D.C.P. Pellegrini, H. Hasenack & M.F. Scherer 2023. O cerne do Pampa: Conhecendo o mais austral dos biomas brasileiros. *Ciência & Cultura* 75, <https://revistacienciaecultura.org.br/?artigos=o-cerne-do-pampa> [Accessed in April 2024].
- Frota, A.V.B. da, B.D. Vitorino, J.R. da S. Nunes & C.J. da Silva. 2021. An overview of the diet of the Great Black Hawk *Urubitinga urubitinga* (Accipitriformes: Accipitridae) and report of new prey species. *Ornithology Research* 29:29-37.
- Guedes, T.B., O.M. Entiauspe-Neto & H.C. Costa. 2023. Lista de répteis do Brasil: atualização de 2022. *Herpetologia Brasileira* 12:56-131.
- Hartmann, P.A. & O.A.V. Marques. 2005. Diet and habitat use of two sympatric species of *Philodryas* (Colubridae), in south Brazil. *Amphibia-Reptilia* 26:25-31.
- IBGE. 2019. *Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível*



- com a escala 1:250 000. IBGE, Rio de Janeiro. <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101676.pdf> [Accessed in April 2024].
- Kennedy, C.R. 2006. Ecology of the Acanthocephala. Cambridge University Press, United Kingdom.
- Lamas, M.F. & L.I. Lunaschi. 2009. Primer registro de *Centrorhynchus* sp. (Acanthocephala: Centrorhynchidae) en *Leptophis ahaetulla marginatus* (Colubridae) de Argentina. Cuadernos de Herpetología 23:45-49.
- MapBiomas Project – Mapeamento anual de cobertura e uso da terra no Brasil entre 1985 a 2022 – Coleção 8. https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/08/FACT_MapBiomas_Mapeamento-Anual-Cobertura_Colecao8_31.pdf [Accessed in April 2024].
- Marcogliese, D.J. 2005. Parasites of the superorganism: are they indicators of ecosystem health? International Journal for Parasitology 35:705-716.
- Marques, O.A.V., A. Eterovic & I. Sazima. 2001. Serpentes da Mata Atlântica: Guia Ilustrado para a Serra do Mar. Holos, Ribeirão Preto, Brazil.
- Mascarenhas, C.S., B.M. Chaviel, F.F. Bernardon, J.H. Wolter, M.A.A. Coimbra & G. Müller. 2022. Gastrointestinal helminths associated with three species of freshwater turtles in the Pampa biome, southern Brazil. Parasitology Research 121:225-233.
- Oliveira, R.J., C.S. Mascarenhas & G. Müller. 2024. *Centrorhynchus* spp. (Acanthocephala) in South America: new anuran record and checklist of vertebrate hosts. Brazilian Journal of Veterinary Parasitology 33:e015823.
- Panasci, T. & D. Whitacr. 2000. Diet and foraging behavior of nesting roadside hawks in Petén, Guatemala. The Wilson Bulletin 112:555-558.
- Petrochenko, V.I. 1971. Acanthocephala of domestic and wild animals. Academy of Sciences of the USSR. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, Israel.
- Porto, L.M.V. & A.M. Rui. 2019. Diet and habitat use by two sympatric canids in the Pampas of South America. Neotropical Biology and Conservation 14:1-12.
- Quintela, F.M. & D. Loebmann. 2009. Guia ilustrado: os répteis da região costeira do extremo sul do Brasil. USEB, Pelotas, Brazil.
- Quintela, F.M. & D. Loebmann. 2019. Diet, sexual dimorphism and reproduction of sympatric racers *Philodryas aestiva* and *Philodryas patagoniensis* from the coastal Brazilian Pampa. Anais da Academia Brasileira de Ciências 91:e20180296.
- Ribeiro, S., L.F.B. Moreira, G.E. Overbeck & L. Maltchik. 2021. Protected areas of the Pampa biome presented land use incompatible with conservation purposes. Journal of Land Use Science, 16:260-272.
- Ruas, J.L., G. Müller, N.A.R. Farias, T. Gallina, A.S. Lucas, F.G. Pappen, A.L. Sinkoc & J.G.W. Brum. 2008. Helminths do cachorro do campo, *Pseudalopex gymnocercus* (Fischer, 1814) e do cachorro do mato, *Cerdocyon thous* (Linnaeus, 1766) no sul do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária 17:87-92.
- Santos, V.G.T. & S.B. Amato. 2010. *Rhinella fernandezae* (Anura, Bufonidae) paratenic host of *Centrorhynchus* sp. (Acanthocephala, Centrorhynchidae). Revista Mexicana de Biodiversidade 81:53-56.
- Silva, D.S. & G. Müller. 2012. Primeiro registro de *Opisthogonimus lecithonotus* (Trematoda: Plagiorchiidae) em *Philodryas olfersii* (Serpentes: Dipsadidae) e primeiro registro de *P. olfersii* como hospedeiro paratênico de *Centrorhynchus* sp. (Acanthocephala: Centrorhynchidae). The Biologist 10:95.
- Silva, J.Á. & S.A. Talamoni. 2003. Diet adjustments of maned wolves, *Chrysocyon brachyurus* (Illiger) (Mammalia, Canidae), subjected to supplemental feeding in a private natural reserve, Southeastern Brazil. Revista Brasileira de Zoologia 20:339-345.
- Silveira, E.C., C.S. Mascarenhas, S. Huckembeck, G. Müller & D. Loebmann. 2022. Parasitic helminths in *Boana pulchella* (Duméril & Bibron, 1841) (Anura: Hylidae) and their relation with host diet, body size, and habitat. Cuadernos de Herpetología 36:155-167.
- Smales, L.R. 2007. Acanthocephala in amphibians (Anura) and reptiles (Squamata) from Brazil and Paraguay with description of a new species. Journal of Parasitology 93:392-398.
- Soave, G.E., C.A. Darrieu, M.E. Aribalzaga, A.R. Camperi, M. Lucía, J. Williams & M. Juarez. 2008. Dieta del Pirincho (*Guira guira*) en el nordeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina (Cuculiformes: cuculidae). Revista de Biología Tropical 56:1883-1892.



- Souza Jr., C.M., J.Z. Shimbo, M.R. Rosa, L.L. Parente, A.A. Alencar, B.F.T. Rudorff, H. Hasenack, M. Matsumoto, L.G. Ferreira, P.W.M. Souza-Filho, S.W. de Oliveira, W.F. Rocha, A.V. Fonseca, C.B. Marques, C.G. Diniz, D. Costa, D. Monteiro, E.R. Rosa, E. Vélez-Martin, E.J. Weber, F.E.B. Lenti, F.F. Paternost, F.G.C. Pareyn, J.V. Siqueira, J.L. Viera, L.C. Ferreira Neto, M.M. Saraiva, M.H. Sales, M.P.G. Salgado, R.Vasconcelos, S. Galano, V.V. Mesquita & T. Azevedo. 2020. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian biomes with Landsat archive and Earth engine. *Remote Sensing* 12:2735.
- Tanasov V.S., M.F.D. Furtado & M.G. Salomão. 2003. Avaliação dos impactos causados pelos procedimentos de permuta de serpentes no Brasil em cem anos de existência do Instituto Butantan. *Publicações Avulsas do Instituto Pau Brasil* 6:1-48.
- Thaler R., H. Folly, C. Galvão & L.A. da Silva. 2018. First predation report of *Leptodactylus chaquensis* (Anura, Leptodactylidae) by *Helicops infrataeniatus* (Squamata, Dipsadidae) and new records for this water snake. *Herpetology Notes* 11:539-541.
- Travassos, L. 1926. Contribuições para o conhecimento da fauna helminthologica brasileira. XX. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 19:31-125.
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar, F. Reyes, J. Kudera & J. Hošek (Eds.). 2024. The Reptile Database. <http://www.reptile-database.org>. [Accessed in October 2024].
- Varela, O., A. Cormenzana-Méndez, L. Krapovickas & E.H. Bucher. 2008. Seasonal Diet of the Pampas Fox (*Lycalopex gymnocercus*) in the Chaco Dry Woodland, Northwestern Argentina. *Journal of Mammalogy* 89:1012-1019.
- Vidal-Martinez, V.M., D. Pech, B. Sures, S.T. Purucker & R. Poulin. 2010. Can parasites really reveal environmental impact? *Trends in Parasitology* 26:44-51.
- Vieira, L.A. & R.L. Teixeira. 2008. Diet of *Athene cunicularia* (Molina, 1782) from a sandy coastal plain in southeast Brazil. *Boletim do Museo de Biologia Mello Leitão* 23:5-14.
- Vizcaíno, S.I. 1993. Presencia del género *Centrorhynchus* Lühe, 1911 (Acanthocephala: Centrorhynchidae) en la República Argentina. *Neotropica* 39:77-78.



PRIMER REGISTRO DE INTERACCIÓN DEPREDADOR-PRESA ENTRE *DRYMOBIUS MARGARITIFERUS* (COLUBRIDAE) Y *CRAUGASTOR RHODOPIIS* (CRAUGASTORIDAE)

FIRST RECORD OF PREDATOR-PREY INTERACTION BETWEEN *DRYMOBIUS MARGARITIFERUS* (COLUBRIDAE) AND *CRAUGASTOR RHODOPIIS* (CRAUGASTORIDAE)

José Luis Aguilar-López^{1,2*} & Pedro A. Aguilar-Rodríguez³

¹Laboratorio de Ecología Geográfica, Unidad Académica Sisal, Facultad de Ciencias, Unidad de Conservación de la Biodiversidad, Parque Científico y Tecnológico de Yucatán, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

²El Colegio de la Frontera Sur, Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México C.P. 29290.

³Instituto de Investigaciones Forestales, Universidad Veracruzana, Parque Ecológico “El Haya”, Xalapa, Veracruz, C.P. 91070, México.

*Correspondence: jlal.herp@gmail.com

Received: 2024-09-15. Accepted: 2024-11-19. Published: 2025-03-03.

Editor: Ernesto Raya García, México.

Abstract.— We report for the first time the trophic interaction between *Drymobius margaritiferus* and *Craugastor rhodopis* in a fragment of cloud forest, in the central mountainous region of Veracruz.

Keywords.— Anuran, central mountainous region of Veracruz, cloud forest sanctuary, snake.

Resumen.— Reportamos por primera vez la interacción trófica entre *Drymobius margaritiferus* y *Craugastor rhodopis* en un fragmento de bosque mesófilo de montaña, en la región montañosa central de Veracruz.

Palabras clave.— Anuro, santuario de bosque de niebla, serpiente, región montañosa central de Veracruz.

La serpiente *Drymobius margaritiferus* (Colubridae) cohabita en parte de su amplia distribución, que abarca desde el sur de Texas hasta norte de Colombia (Flores-Villela et al., 2017) con el anuro *Craugastor rhodopis* (Craugastoridae), que se distribuye en montañas centrales de Veracruz, Puebla e Hidalgo (IUCN, 2020). Las presas reportadas para *D. margaritiferus* incluyen anuros principalmente, pero también lagartijas, e incluso huevos de un reptil indeterminado (Savage, 2002). Por otro lado, la información sobre los depredadores de *C. rhodopis* es escasa aún (Aguilar-López & Aguilar-Rodríguez, 2023). En este trabajo se reporta la depredación de tres ejemplares de *C. rhodopis* por un ejemplar de *D. margaritiferus* en un fragmento de bosque mesófilo de montaña ubicado en la periferia de la ciudad de Xalapa, Veracruz.

El 24 de abril de 2024 a las 14:00 h, en el sendero principal del Santuario del Bosque de Niebla administrado por el Instituto de Ecología A.C. (19.513329° N, 96.941442° W; WGS 84; 1,328 m s.n.m.), se encontró un macho de *D. margaritiferus* (CARIE-1517; LHC = 790 mm, LC = 245 mm) recientemente muerto, con signos de aplastamiento en la cabeza, y con indicios de presentar

contenido estomacal (cuerpo abultado). Del estómago se recuperaron únicamente tres individuos de *C. rhodopis*, uno con signos tempranos de descomposición (CARIE-1518; LHC = 38.5 mm), y dos individuos en un estado de descomposición avanzado (LHC de 32.2 y 23.3 mm) (Fig. 1). Las características de escamación y de coloración de la serpiente coincidieron con la diagnosis propuesta por Köhler (2008), mientras que los anuros mostraron características de coloración y medidas morfológicas que coinciden con la diagnosis indicada por Streicher et al. (2014). Tanto el ejemplar de serpiente como el ejemplar con el mejor estado de conservación de los anuros fueron preservados e ingresados en la colección de anfibios y reptiles del Instituto de Ecología A.C. (CARIE).

Así, *D. margaritiferus* se adiciona a la serpiente *Coniophanes fissidens* (Aguilar-López & Aguilar-Rodríguez, 2023) como únicos depredadores conocidos de *C. rhodopis*. En el caso de las presas de *D. margaritiferus*, este es el primer reporte de depredación sobre *C. rhodopis*, ya que, aunque Seib (1984) reporta interacción trófica entre ambas especies en Chiapas, México, de acuerdo al estudio de Streicher et al. (2014), *C. rhodopis* tiene una distribución



Figure 1. Ventral view of the *Drymobius margaritiferus* specimen and the three specimens of *Craugastor rhodopis* it contained in its stomach. Photo: José Luis Aguilar López

Figure 1. Vista ventral del ejemplar de *Drymobius margaritiferus* y los tres ejemplares de *Craugastor rhodopis* que contenía en su estómago. Foto: José Luis Aguilar López

restringida a la región montañosa central de Veracruz, Puebla e Hidalgo, por lo que el ejemplar de anuro reportado por Seib (1984) podría corresponder a *C. loki* u otra especie similar. Por otra parte *C. rhodopis* se adiciona a las presas de *D. margaritiferus* reportadas en la literatura científica: *Rhinophrynus dorsalis* (Stuart, 1935); *Syrrophus cystignathoides* [actualmente *Eleutherodactylus cystignathoides*] (Smith, 1943); *Rana* sp. (Meyer, 1966); *Leptodactylus labialis* [*Leptodactylus fragilis*], *L. melanotus*, *Rana maculata* [*Lithobates maculatus*], *Eleutherodactylus* sp., *E. rugulosus* [*Craugastor rugulosus*], *Hypopachus variolosus*, *Smilisca baudinii*, *Syrrophus rubrimaculatus* [*Eleutherodactylus rubrimaculatus*], *Anolis* sp., *Ameiva undulata* [*Holcosus undulatus*], *Ameiva* sp., huevos de reptil, un individuo neonatal de un roedor de la subfamilia Cricetinae (Seib, 1984); *Hyla loquax* [*Tlalochyla loquax*] (Tellez & Chenot-Rose, 2010); *Craugastor occidentalis* (Rodríguez-Canseco et al., 2015); *Incilius valliceps* (Platt et al., 2016); la pierna de un conejo *Sylvilagus* sp., ejemplo de comportamiento carroñero en esta serpiente (Demaar & Guadiana, 2021) y *Lithobates pustulosus* (Cupul-Magaña & Escobedo-Galván, 2022).

El presente reporte señala la tendencia de que la dieta de *D. margaritiferus* se compone principalmente de anuros a lo largo de su distribución, patrón que también se ha observado al analizar la dieta de la especie en el norte de Belice (Henderson & Hoevers, 1977). Adicionalmente indica la utilidad de procesar organismos muertos encontrados de forma fortuita para aportar información novedosa a la historia natural (Kolenda et al., 2019) o la obtención de material genético de diversas especies (Jones et al., 2008).

Agradecimientos.— A Sergio Albino técnico académico de la red de vertebrados por la ayuda con la preservación de los organismos. A Kevin Pastor Zetina Basilio y Andrea del Socorro Vázquez Pérez por el apoyo en la salida en campo en la que se colectó el espécimen de *D. margaritiferus*.

LITERATURA CITADA

Aguilar-López, J.L. & P.A. Aguilar-Rodríguez. 2023. Depredación de *Coniophanes fissidens* (Squamata: Colubridae) sobre *Craugastor*

- rhodopsis* (Anura: Craugastoridae) en la región montañosa central de Veracruz. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:123-126.
- Cupul-Magaña, F.G. & A.H. Escobedo-Galván. 2022. *Drymobius margaritiferus*. Diet. *Herpetological Review* 53:696.
- Demaar, T.W. & C.J. Guadiana. 2021. *Drymobius margaritiferus*. Diet and Scavenging. *Herpetological Review* 52:155.
- Flores-Villela, O., G.A. Hammerson, A.I. Hladki, G. Köhler, W. Lamar, M. Ramírez Pinilla, J. Renjifo & N. Urbina. 2017. *Drymobius margaritiferus*, in The IUCN Red List of Threatened Species 2017: <http://www.iucnredlist.org> [Consultado en septiembre 2024]
- Henderson, R.W. & L.G. Hoervers. 1977. The seasonal incidence of snakes at a locality in northern Belize. *Copeia* 1977:349-355.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2020. *Craugastor rhodopsis* in The IUCN Red List of Threatened Species 2020: <http://www.iucnredlist.org> [Consultado en septiembre 2024]
- Jones, R., J. Cable & M.W. Bruford. 2008. An evaluation of non-invasive sampling for genetic analysis in northern European reptiles. *Herpetological Journal* 18:32-39.
- Kolenda, K., N. Kuśmierk, M. Kadej, A. Smolis & M. Ogielska. 2019. Road-killed toads as a non-invasive source to study feeding ecology of migrating population. *European Journal of wildlife Research* 65:55.
- Köhler, G. 2008. *Reptiles of Central America*. 2nd edition. Herpeton, Verlag Elke Köhler, Offenbach, Germany.
- Meyer, J.R. 1966. Records and observations on some amphibians and reptiles from Honduras. *Herpetologica* 22:172-181.
- Platt, S.G., T.R. Rainwater, J.C. Meerman & S.M. Miller. 2016. Notes on the diet, foraging behavior, and venom of some snakes in Belize. *Mesoamerican Herpetology* 3:162-170.
- Rodríguez-Canseco, J.M., K.L. González-Estupiñán, E.S. García-Mata, J. Villareal-Méndez & A. Bombela-Cruz. 2015. *Drymobius margaritiferus*. Diet. *Herpetological Review* 46:447-448.
- Savage, J.M. 2002. *The Amphibians and Reptiles of Costa Rica: A Herpetofauna Between Two Continents, Between Two Seas*. The University of Chicago Press. Chicago and London.
- Seib, R.L. 1984. Prey use in three syntopic Neotropical racers. *Journal of Herpetology* 18:412-420.
- Smith, H.M. 1943. Summary of the collections of snakes and crocodylians made in Mexico under the Walter Rathbone Bacon traveling scholarship. *Proceedings of the United States National Museum* 93:393-504.
- 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.
- Stuart, L.C. 1935. A contribution to a knowledge of the herpetology of a portion of the Savanna region of central Petén, Guatemala. *Miscellaneous Publications Museum of Zoology, University of Michigan* 29:1-56.
- Tellez, M. & C. Chenot-Rose. 2010. *Drymobius margaritiferus fistulosus*. Diet. *Herpetological Review* 41:363-364.



TAIL FURCATION IN TWO COMMON NEOTROPICAL LIZARDS: *CTENOSAURA SIMILIS* (GRAY, 1831) AND *GONATODES ALBOGULARIS* (DUMÉRIL & BIBRON, 1836)

BIFURCACIÓN DE LA COLA EN DOS LAGARTIJAS NEOTROPICALES COMUNES: *CTENOSAURA SIMILIS* (GRAY, 1831) Y *GONATODES ALBOGULARIS* (DUMÉRIL & BIBRON, 1836)

José Manuel Mora^{1,2*}, Lucía I. López³ & Luis A. Cruz⁴

¹*Carrera de Gestión Ecoturística, Sede Central Universidad Técnica Nacional, Alajuela, Costa Rica.*

²*Department of Biology and Museum of Vertebrate Biology, Portland State University, Portland, Oregon, USA.*

³*Unidad de Ciencias Básicas y Carrera de Tecnología de Alimentos, Sede Atenas, Universidad Técnica Nacional, Costa Rica.*

⁴*Green Zion New Forest, Guatuso, Alajuela, Costa Rica.*

*Correspondence: josemora07@gmail.com

Received: 2024-09-08. **Accepted:** 2024-11-19. **Published:** 2025-03-03.

Editor: Nelson Velásquez, Chile.

Resumen. – La autotomía es un mecanismo de defensa en las lagartijas, seguido de la regeneración de la cola. La pérdida de la cola desencadena un proceso regenerativo epimórfico espontáneo, que resulta en un reemplazo completamente funcional. Sin embargo, la regeneración caudal no siempre es perfecta y, a veces, puede dar lugar a anomalías como colas adicionales. Descubrimos dos lagartijas con colas divididas en Costa Rica. El 7 septiembre 2021, a las 14:10 h, encontramos una *Ctenosaura similis*, Iguanidae, con una cola trifurcada en el Pacífico Central. En este caso dos colas regeneradas surgieron de la original para formar una trifurcación. El 6 junio 2013, a las 10:00 h, encontramos una *Gonatodes albogularis*, Sphaerodactylidae, con dos colas en las tierras bajas del norte. La cola de esta hembra era doble, con dos colas que emergían juntas sin una distinción clara. Aquí presentamos estos dos casos y los comparamos con otros casos reportados.

Palabras clave. – Autotomía, Iguanidae, pérdida de apéndices, regeneración, reptiles, Sphaerodactylidae.

Abstract. – Autotomy is a defense mechanism in lizards, followed by subsequent tail regeneration. Tail loss triggers a spontaneous epimorphic regenerative process, resulting in a fully functional replacement. However, caudal regeneration isn't always flawless and can sometimes lead to abnormalities like extra tails. By chance, we discovered two lizards with furcated tails in Costa Rica. On 07 September 2021, at 14:10 h, we encountered a female ctenosaur, *Ctenosaura similis*, Iguanidae, with a trifurcated tail in the Central Pacific region. In this case, two regenerated tails emerged from the original, forming a trifurcation. On June 6, 2013, around 10:00 h, we found an adult female Yellow-headed Gecko, *Gonatodes albogularis*, Sphaerodactylidae, with two tails in the northern lowlands. The tail of this female was double, with two tails emerging together without a clear distinction. Here, we present these two cases and compare them with other reported instances.

Keywords. – Appendage loss, autotomy, Iguanidae, regeneration, reptiles, Sphaerodactylidae.

Tail autotomy, or self-amputation of the tail, is one of the most dramatic escape mechanisms in lizards (Pianka & Vitt, 2003). When faced with a predator, a lizard voluntarily detaches its tail at a specific fracture plane in the vertebrae (Pelegrin & Muniz Leão, 2016). This detachment is achieved through powerful muscle contractions (Vitt & Caldwell, 2014), and the severed tail begins to thrash violently, driven by anaerobic metabolism, continuing to thrash for an extended period (Pianka & Vitt,

2003). The thrashing tail distracts the predator, giving the lizard time to escape to safety (Arnold, 1988), while the predator is left with only an expendable part of the lizard's body (Vitt & Caldwell, 2014).

Although appendage regeneration in reptiles is typically limited, tail replacement is possible, especially in lizards that undergo autotomy (Alibardi, 2017a, b; Mora et al., 2020). After

a successful autotomous escape, tail regeneration becomes a crucial step (Clause & Capaldi, 2006). Tail loss triggers a spontaneous epimorphic regenerative process, resulting in the formation of a fully functional, though structurally different, replacement (Gilbert et al., 2013). Regenerated tails can vary in size, being smaller, similar to, or larger than the original (Vitt & Caldwell, 2014). Additionally, instead of regenerating vertebrae, the new tail forms a cartilaginous rod (Lozito & Tuan, 2017; Bassett et al., 2021). Despite these differences, tail regeneration is essential, as this appendage serves important functions such as prehensility, visual displays, aggressive interactions, energy storage, locomotor performance, and defense against predators (Liang et al., 2024).

Typically, the new tail replaces the autotomized tail, but complications can arise (Hoefer & Robinson, 2020). Regeneration malformations, often called multi-furcations, can range from simple bifurcations to more complex forms like hexafurcations (Hoefer & Robinson, 2020; Bassett et al., 2021). Abnormal tail regeneration or furcations have been documented (Barr et al., 2020; Henle & Grimm-Seyfarth, 2020), but recent data lists 250 lizard species from 25 families, with 91 % exhibiting bifurcated tails (Baum & Kaiser, 2024).

Some members of the Iguanidae family, like *Iguana iguana*, can autotomize their tails during early development but are believed to lose this ability as they age (Etheridge, 1967). *Ctenosaura similis* (Gray, 1831), as currently recognized, is a large, locally abundant iguana with a head lacking a crest and a cylindrical tail characterized by whorls of distinctly enlarged, heavily keeled spiny scales separated by rows of smaller scales (Mora, 2010). Adult males reach a standard length of 489 mm, while females measure up to 400 mm, with total lengths of 1,300 mm and 800 mm, respectively (Leenders, 2019). It ranges from the Isthmus of Tehuantepec in Mexico southward to central Panama on the Pacific slope, with several isolated populations along the Atlantic slope, from sea level to 1,320 m a.s.l. (Mora, 2010).

Geckos are among the lizards with a high capacity for autotomy (Pianka & Vitt, 2003). The Yellow-headed Gecko, *Gonatodes albogularis* (Duméril & Bibron, 1836), can reach a total length of up to 113 mm, with no sexual dimorphism in size; its moderately long tail makes up 50 to 58% of its total length (Savage, 2002). It is a common lowland lizard, found from southern Mexico and Central America to northern South America, at elevations ranging from 2 to 1,000 m a.s.l. (Leenders, 2019). This lizard is often observed on palms, strangler figs, or other trees with deeply creviced bark (Leenders, 2019), but it also inhabits pastures, roadside fences, fallen logs, trash piles, and

human-made structures (Savage, 2002). There are few reports of tail defects in Costa Rican lizards. Here, we report two cases that could be considered extreme: a female Yellow-headed Gecko with two tails and a female ctenosaur with a trifurcated long tail.

During a casual walk in the lowlands of the Central Pacific region of Costa Rica, we observed a ctenosaur with an abnormal tail. The ctenosaur was basking on rocks in the garden of the Tropical Height condominium in Playa Hermosa, Puntarenas Province, Costa Rica (9° 34' 57" N, 84° 36' 34" W; 41 m a.s.l.). Additionally, during a personal birdwatching tour, we found a Yellow-headed Gecko with two tails on a wall at Green Zion New Forest, Guatuso, Alajuela Province, Costa Rica (10° 37' 58" N, 84° 47' 02" W; 130 m a.s.l.).

On September 7, 2021, at 14:10 h, we found a female ctenosaur with a trifurcated tail (Fig. 1). The tail appeared to be of normal length relative to its snout-vent length (SVL), but about halfway down, it split into two branches. It seems that the tail was injured, with the distal portion preserved beyond the breakage point, where the second branch began. This left branch was thinner and slightly shorter than the right section, lacking the typical alternating light and dark ring coloration and the characteristic whorls of heavily keeled spiny scales. The right section, forming the main tail, displayed both the ring coloration and normal whorls of spiny scales. However, a little further beyond the halfway point, this section had another branch similar to the previous one, with a branch emerging to the left. This second left branch resembled the first one, being shorter and ending in a hook-like inward bend. The right section, continuing as the main tail, had a single coloration at the end and appeared to be a regenerated portion. This represents regeneration from an already regenerating tail, resulting in multiple tails (Barr et al., 2020).

On 06 June 2013, at around 10:00 h, we found an adult female Yellow-headed Gecko with two tails (Fig. 1). The tail was double, with both tails emerging together from the back of the gecko's spine, without a clear distinction between them. The left section was slightly thinner than the right, but the lengths of both tails were similar and comparable to a normal tail, representing 50 to 58% of the total length for individuals of this species (Savage, 2002). This appears to be a case of regeneration from the original tail (Barr et al., 2020).

The reported cases of tail malformations in the ctenosaur and Yellow-headed Gecko are rare occurrences in Costa Rica. Although a bifurcated tail has previously been documented in a male Yellow-headed Gecko, this case involved only a short

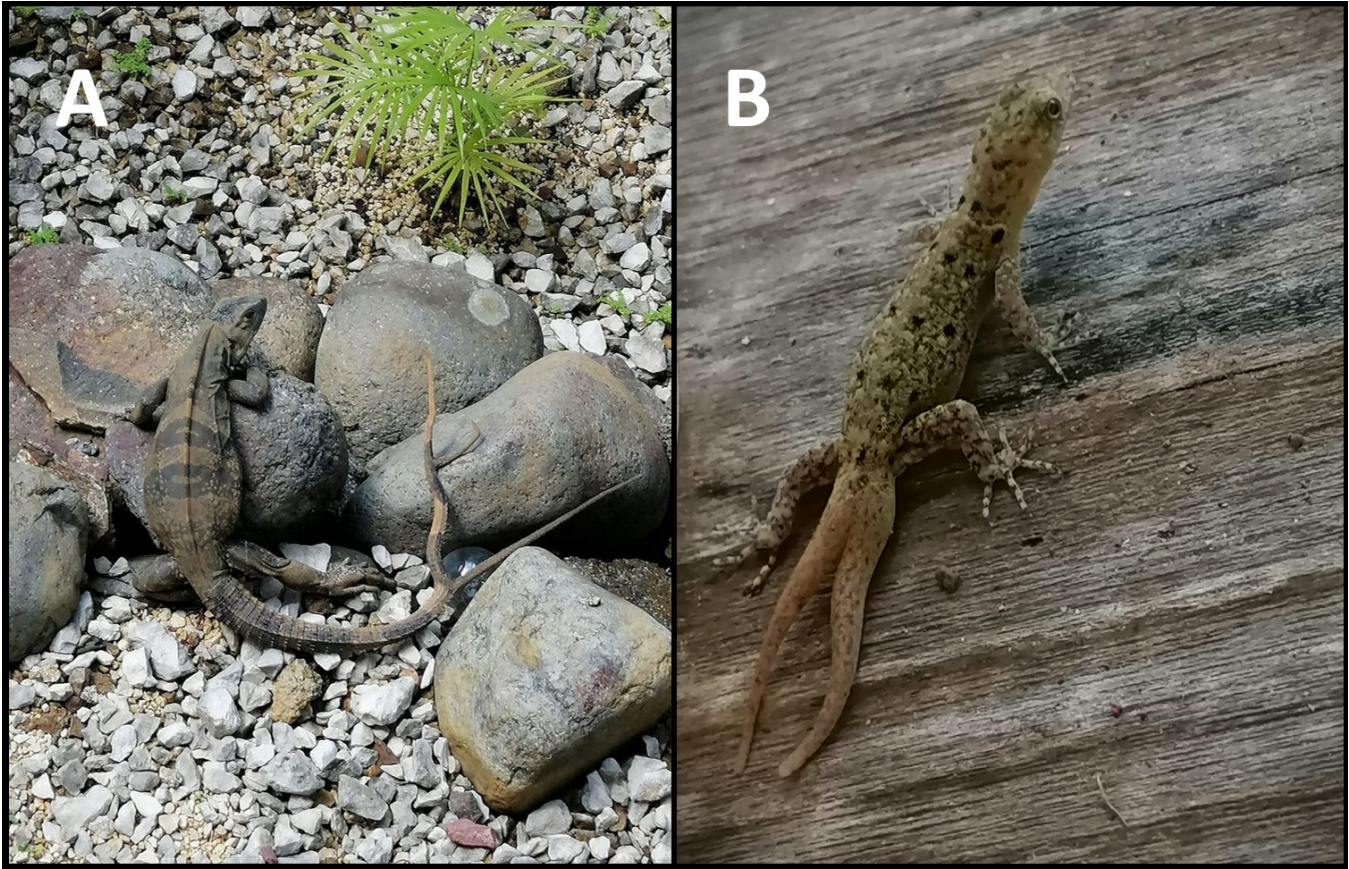


Figura 1. A. Hembra de garrobo, *Ctenosaura similis*, con cola trifurcada, de la región del Pacífico Central de Costa Rica. B. Hembra de gecko cabeza amarilla, *Gonatodes albogularis*, con dos colas, de las tierras bajas del norte de Costa Rica.

Figure 1. A. Female ctenosaur, *Ctenosaura similis*, with a trifurcated tail, from the Central Pacific region of Costa Rica. B. Female Yellow-headed Gecko, *Gonatodes albogularis*, with two tails, from the northern lowlands of Costa Rica.

bifurcation at the end of the tail (López & Mora, 2021). In contrast, significant tail alterations in ctenosaurs have not been reported, despite their abundance, especially in the lowlands of the central and northern Pacific regions of Costa Rica (Mora, 2010). The only other documented case of tail malformation in a Ctenosaur is from *Ctenosaura palearis* Stejneger, 1899, in Guatemala, which exhibited a trifurcated tail with three newly regenerated sections (Ariano-Sánchez & Gil-Escobedo, 2016).

Tail malformations in lizards are relatively common, often manifesting as tail bifurcation (Kolenda et al., 2017; Baum & Kaiser, 2024). These anomalies frequently occur during the regeneration process following autotomy (López & Mora, 2021). The female Yellow-headed Gecko in our study may have experienced complete autotomy of the tail in the past, as suggested by the color pattern changes in the two new tails. However, such autotomy would have had to occur near the base of the tail, which is unusual, though complete tail loss is possible

(Reyes-Olivares et al., 2023). It is plausible that the gecko was attacked near the base but managed to escape. We hypothesize that the double tail resulted from a complete caudal autotomy rather than another condition, as both tails originated from the same base. It is possible that the initial tail was autotomized, triggering the regeneration process, but a subsequent injury at the same site initiated a second regeneration process, leading to an additional regenerated tail. This condition is somewhat similar to the case observed in a Green Iguana, *Iguana iguana*, in Colombia (Arango-Lozano & Patiño-Siro, 2020).

In some cases, a tail may break but remain partially attached, leading to a regenerated tail with multiple tips (Pheasey et al., 2014). This can occur due to prior injuries (Lynn, 1950) or mechanical damage preventing the tail from fully detaching (Arnold, 1994), allowing additional tails to form during the regeneration of the affected area (e.g., Gogliath et al., 2012; Pheasey et al., 2014; Mouadi et al., 2021). Injuries to the dorsal tail,

muscles, or adjacent tissues can also result in the development of extra tails (Lozito & Tuan, 2017; Reyes-Olivares et al., 2023). This may explain the trifurcated tail observed in the female ctenosaur, although no distinct break point was visible. It's possible that the tail sustained two injuries either simultaneously or at different times but largely remained attached. Each injury site might have continued to grow normally while simultaneously initiating regeneration, leading to the development of an additional tail at each injury point (Yadollahvandmiandoab et al., 2022). In iguanids, tail breakage often results from intraspecific aggression due to overcrowding, sexual aggression during mating, or unsuccessful predation attempts (Hayes et al., 2012; Arrivillaga & Brown, 2020).

Lizards undergoing caudal autotomy face both short- and long-term costs related to the physical loss of the tail and the energy required for regeneration (Barr et al., 2021). Tail furcation can adversely affect an animal's fitness, as the tail plays a crucial role in locomotion and influences activities such as mating, foraging, and escaping from predators (Passos et al., 2014; López & Mora, 2021; Vishnu & Ramesh, 2021). Further investigation into the potential consequences of supernumerary tails in lizards is warranted (Perpignani & Alvarez, 2023).

Acknowledgments.— Two anonymous reviewers provided useful comments to the manuscript. JMM acknowledges to Emilce Rivera GEC head department, Sede Central, UTN, for academic support. LIL acknowledge Daniel Tobias, coordinator of the Ciencias Básicas unit of the Sede Atenas, UTN, for his continuous support.

LITERATURE CITED

- Alibardi, L. 2017a. Cell proliferation in the amputated limb of lizard leading to scarring is reduced compared to the regenerating tail. *Acta Zoologica* 98:170-180.
- Alibardi, L. 2017b. Review: Biological and molecular differences between tail regeneration and limb scarring in lizard: an inspiring model addressing limb regeneration in amniotes. *Journal of Experimental Zoology B: Molecular and Developmental Evolution* 328B:493-514.
- Arango-Lozano, J. & D. Patiño-Siro. 2020. Regenerate tail bifurcation in the Green Iguana (*Iguana iguana* Linnaeus, 1758). *Herpetology Notes* 13:483-484.
- Ariano-Sánchez, D. & J. Gil-Escobedo. 2016. *Ctenosaura palearis* (Guatemalan spiny-tailed Iguana). Tail Trifurcation. *Herpetological Review* 47:463-464.
- Arnold, E.N. 1988. Caudal autotomy as a defense. Pp. 235-273. In C. Gans & R.B. Huey (Eds.), *Biology of the reptilian*. Vol. 16. Alan R. Liss, Inc., New York, USA.
- Arnold, E.N. 1994. Investigating the evolutionary effects of one feature on another: does muscle spread suppress caudal autotomy in lizards?. *Journal of Zoology* 232:505-523.
- Arrivillaga, C. & T. Brown. 2020. Tail bifurcation in a Marine Iguana, *Amblyrhynchus cristatus* (Reptilia: Squamata: Iguanidae), from Isla Santa Cruz, Galápagos Islands. *IRCF Reptiles & Amphibians* 27:415-418.
- Barr, J.I., R. Somaweera, S.S. Godfrey, M.G. Gardner & P.W. Bateman. 2020. When one tail isn't enough: abnormal caudal regeneration in lepidosaurs and its potential ecological impacts. *Biological Reviews* 95:1479-1496.
- Barr, J.I., C.A. Boisvert & P.W. Bateman. 2021. At what cost? Trade-offs and influences on energetic investment in tail regeneration in lizards following autotomy. *Journal of Developmental Biology* 9:53.
- Bassett, L.G., F.E.H. Zughair & M.R. Forstner. 2021. Description of an abnormal tail bifurcation in *Gehyra oceanica* (Lesson, 1830). *Herpetology Notes* 14:588-589.
- Baum, T.J. & H. Kaiser. 2024. Tail furcations in lizards: a revised summary and the second report of tail duplication in the Western Fence Lizard, *Sceloporus occidentalis* Baird & Girard, 1852. *Herpetology Notes* 17:459-475.
- Clause, A.R. & E.A. Capaldi. 2006. Caudal autotomy and regeneration in lizards. *Journal of Experimental Zoology* 305A:965-973.
- Etheridge, R. 1967. Lizard caudal vertebrae. *Copeia* 1967: 699-721.
- Gilbert, E.A.B., S.L. Payne & M.K. Vickaryous 2013. The anatomy and histology of caudal autotomy and regeneration in lizards. *Physiological and Biochemical Zoology* 86:631-644.
- Gogliath, M., L.C.M. Pereira, P.A. Nicola & L.B. Ribeiro. 2012. *Ameiva ameiva* (giant ameiva). Bifurcation. *Herpetological Review* 43:129.
- Hayes, W.K., J.B. Iverson, C.R. Knapp & R.L. Carter. 2012. Do invasive rodents impact endangered insular iguana populations? *Biodiversity Conservation* 21:1893-1899.
- Henle, K. & A. Grimm-Seyfarth. 2020. Exceptional occurrences of double, triple and quintuple tails in an Australian lizard



- community, with a review of supernumerary tails in natural populations of reptiles. *Salamandra* 56:373-391.
- Hoefler, S. & N.J. Robinson. 2020. Tail bifurcation in a Brown Anole, *Anolis sagrei* (Duméril & Bibron, 1837). *Herpetology Notes* 13:333-335.
- Kolenda, K., M. Wieczorek, 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.
- Leenders, T. 2019. *Reptiles of Costa Rica: A Field Guide*. Zona Tropical Publications, Ithaca, New York, USA.
- Liang, T., J.M. Ran, Q.R. Liang, L. Leng, J.H. Du, J. Wang & L. Shi. 2024. Report of abnormal tail regeneration of *Eremias yarkandensis* (Sauria: Lacertidae) and its locomotor performance. *Ecology and Evolution* 14:e11074.
- López, L.I., & J.M. Mora. 2021. A Yellow-headed Gecko *Gonatodes albogularis* (Duméril and Bibron, 1836) with bifurcated tail in the Caribbean lowlands of Costa Rica. *Jordan Journal of Natural History* 8:121-125.
- Lozito, T.P. & R.S. Tuan. 2017. Lizard tail regeneration as an instructive model of enhanced healing capabilities in an adult amniote. *Connective Tissue Research* 58:145-154.
- Lynn, W.G. 1950. A case of duplication of the tail in *Plethodon*. *Herpetologica* 6:81-84.
- Mora, J.M. 2010. Natural history of the Black Spiny-tailed Iguana (*Ctenosaura similis*) at Parque Nacional Palo Verde, Costa Rica, with comments on the conservation of the genus *Ctenosaura*. Pp 716-733. In L.D. Wilson, J.H. Townsend & J.D. Johnson (Eds.), *Conservation of Mesoamerican Amphibians and Reptiles*. Eagle Mountain Publishing, Eagle Mountain, Utah, 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 Rain Forest of Costa Rica. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 3:123-125.
- Mouadi, J., A. Elbahi, O. Er-rguibi, E.M. Laghzaoui, A. Aglagane, A. Aamiri & M. Aourir. 2021. First record of abnormal tail regeneration in the Moroccan endemic gecko *Quedenfeldtia trachyblepharus* (Boettger, 1874) and the family Sphaerodactylidae. *Herpetology Notes* 14:959-963.
- Passos, D.C., L.T. Pinheiro, C.A.B. Galdino & C.F.D. Rocha. 2014. *Tropidurus semitaeniatus* (Calango de Lagedo). Tail Bifurcation. *Herpetological Review* 45:138.
- Pelegri, N. & S. Muniz-Leão. 2016. Injured *Salvator merianae* (Teiidae) regenerates six tails in central Argentina. *Cuadernos de Herpetología* 30:21-23.
- Perpignani, R., & J.A. Alvarez. 2023. An observation of tail-bifurcation in a Gilbert's Skink, *Plestiodon gilberti*. *Sonoran Herpetologist* 36:15-16.
- Phasey, H, P. Smith, J.P. Brouard & K. Atkinson. 2014. *Vanzosaura rubricauda* (Red-tailed Vanzosaur). Bifurcation and Trifurcation. *Herpetological Review* 45:138-139.
- Pianka, E.R. & L.J. Vitt. 2003. *Lizards: Windows to the Evolution of Diversity*. University of California Press, Los Angeles, California, USA.
- Reyes-Olivares, C., F. Campos-Cifuentes & M. Penna. 2023. Observation of the growth of a bifurcated tail in the Chilean Marked Gecko, *Garthia gaudichaudii* (Squamata, Phyllodactylidae). *Gayana* 87:82-85.
- Savage, J.M. 2002. *The Amphibians and Reptiles of Costa Rica a Herpetofaun Between Two Continents, Between Two Seas*. The University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Vishnu, S.N. & C. Ramesh. 2021. A bifurcated tail in a Common House Gecko (*Hemidactylus frenatus*) from the Moyar River Valley, Tamil Nadu, India. *IRCF Reptiles & Amphibians* 28:343-344.
- Vitt, L.J. & J.P. Caldwell. 2014. *Herpetology an Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. Fourth edition. Academic Press, San Diego, California, USA.
- Yadollahvandmiandoab, R., R.B. Savasari, N. Bashirichelkasari & D. Oliveira Mesquita. 2022. First record of tail bifurcation in the wall lizards *Darevskia caspica* Ahmadzadeh et al., 2013 and *D. chlorogaster* (Boulenger, 1908) from northern Iran. *Herpetology Notes* 15:605-607.



REGISTRO DE MICOFAGIA DE *CHLOROPHYLLUM MOLYBDITES* (BASIDIOMYCOTA, AGARICACEAE) POR PARTE DE *CTENOSAURA PEÇTINATA* (SQUAMATA: IGUANIDAE) EN PUERTO VALLARTA, JALISCO, MÉXICO
 RECORD OF MICOPHAGY OF *CHLOROPHYLLUM MOLYBDITES* (BASIDIOMYCOTA, AGARICACEAE) BY *CTENOSAURA PEÇTINATA* (SQUAMATA: IGUANIDAE) IN PUERTO VALLARTA, JALISCO, MEXICO

Eduardo A. Gómez-Hernández^{1*}, Danna Y. Palacios-Mendoza¹ & Armando H. Escobedo-Galván¹

¹Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, Av. Universidad 203, Delegación Ixtapa, Puerto Vallarta 48280, Jalisco, México

*Correspondence: gomezlalo300@gmail.com

Received: 2024-11-04. Accepted: 2024-11-11. Published: 2025-03-06.

Editor: Rodrigo Macip-Ríos, México.

Abstract.— The first case of mycophagy is reported for *Ctenosaura pectinata*, a large endemic iguana species from Mexico. This species is considered Threatened by the Mexican Government NOM-059-2010 and is known for its omnivorous diet with ontogenetic variation. However, fungal consumption had not been documented until now. This observation expands our knowledge on the feeding habits of this species, and significantly contributes to the scarce literature on mycophagy in reptiles in the Americas.

Keywords.— Diet, Fungi, lizard, urban ecosystem.

Resumen.— Se reporta el primer caso de micofagia en *Ctenosaura pectinata*, una especie de iguana endémica de México. Esta iguana es considerada como Amenazada por la NOM-059-2010, es conocida por su dieta omnívora con variación ontogenética. Sin embargo, hasta ahora no se había documentado el consumo de hongos. Esta observación amplía el conocimiento sobre los hábitos alimenticios de la especie y contribuye significativamente a la escasa literatura sobre micofagia en reptiles del continente

Palabras clave.— Dieta, ecosistema urbano, Fungi, lagarto.

La iguana negra de cola espinosa, *Ctenosaura pectinata* (Wiegmann, 1834), es una especie endémica de México (Flores-Villela & García-Vázquez, 2014). Tiene presencia en los estados del Pacífico mexicano como: Sinaloa, Nayarit (incluyendo las Islas Marías e Isla Isabel) Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas (Casas-Andreu, 1992; Buckley et al., 2014; Johnson et al., 2015), además, se ha registrado en Durango, Zacatecas, Morelos, Puebla y Estado de México (Ahumada-Carrillo et al., 2011; López-Ruvalcaba et al., 2012; Lemos-Espinal et al., 2018). En cuanto su estado de conservación, actualmente se encuentra considerada como Amenazada por la NOM-059-2010.

Algunos aspectos de su historia de vida han sido evaluados, como reproducción (Uribe et al., 1988; Castro-Franco et al., 2011; Aguirre-Hidalgo & Clark-Tapia, 2024), fisiología y comportamiento (Flanigan, 1973; Ayala-Guerrero & Huitrón-Reséndiz, 1989; Ayala-Guerrero & Mexicano, 2007). En cuanto

a sus hábitos alimentarios, se ha observado que *C. pectinata* presenta una variación ontogenética en su dieta. Los juveniles se alimentan principalmente de insectos, mientras que los adultos suelen ser herbívoros (Durtsche, 2000). Algunos estudios han registrado el consumo de otros grupos animales, como lo son arácnidos, crustáceos, moluscos y miriápodos (Barraza-Soltero et al., 2024). Cruz-Sáenz et al. (2016) reportaron la depredación sobre *Anolis nebulosus* (Wiegmann, 1834), además, existen registros de queratofagia (Zurita-Carmona et al., 2009) y canibalismo (Sánchez-Hernández et al., 2017). Con base en lo anterior, *C. pectinata* es considerada una especie omnívora; sin embargo, hasta ahora no se había reportado la ingesta de macromicetos por parte de *C. pectinata*.

El consumo de hongos por animales es conocido como micofagia, la cual se ha registrado en mamíferos, aves y reptiles (Elliott et al., 2019a, 2019b, 2022). La micofagia en reptiles ha sido poco estudiada, solo existen dos registros en lagartos para

el continente americano. Wolcott (1924) reportó el consumo de un hongo “agarical” por parte de *Pholidoscelis exsul* (Cope, 1862), mientras que Toledo et al. (2004) observaron a *Salvator merianae* Duméil & Bribon, 1839 alimentarse del hongo *Macrocybe praegrandis*. El objetivo de esta nota es reportar un caso de micofagia por parte *C. pectinata* en Puerto Vallarta, Jalisco.

El 19 de agosto de 2024, alrededor de las 10:41 h, se observó y fotografió a un individuo de *C. pectinata* consumiendo el cuerpo fructífero de un hongo a orillas de un cuerpo de agua artificial (Fig.1), en el Centro Universitario de la Costa, ubicado en la ciudad de Puerto Vallarta, Jalisco, México (20° 42' 18" N, 105° 13' 18" O, elev. < 5 m s.n.m.). Posteriormente, los remanentes del hongo fueron recolectados y llevados al Laboratorio de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos para su identificación utilizando la clave de Guzmán-Huerta (1977). El hongo fue identificado como *Chlorophyllum molybdites*, una especie tóxica para el ser humano y de distribución cosmopolita, teniendo presencia en América, Europa, Asia, África y Oceanía (Reid & Eicker, 1991).

El individuo de *C. pectinata* fue monitoreado durante tres días posteriores a la ingesta para observar el comportamiento del organismo, específicamente si presentaba un desplazamiento errático, regurgitación y/o algún signo de posible intoxicación o envenenamiento.

No hay registro existente de intoxicación por consumo de hongos en otras especies de lagartos (Elliot et al., 2019a). En el caso particular de *C. pectinata*, el consumo de macromicetos podría ser un evento oportunista durante la temporada de lluvias en la región, ya que, durante los días posteriores a la ingesta no se observó a otros individuos de *C. pectinata* consumiendo otros macromicetos. En el sitio también habitan varios individuos de iguana verde (*Iguana iguana* Linnaeus, 1758); sin embargo, no se ha observado el consumo de hongos por parte de esta especie. Este registro representa la primera observación documentada de micofagia para *Ctenosaura pectinata*, ampliando el conocimiento sobre los hábitos alimenticios de esta especie.



Figure 1. *Ctenosaura pectinata* individual eating the fruiting body of *Chlorophyllum molybdites*. Photo: Danna Yasmina Palacios Mendoza.

Figura 1. Individuo de *Ctenosaura pectinata* comiendo el cuerpo fructífero de *Chlorophyllum molybdites*. Foto: Danna Yasmina Palacios Mendoza.

Agradecimientos.– Agradecemos a Brenda Tonantzin Castro Ruiz por su ayuda con la identificación del hongo.

LITERATURA CITADA

- Aguirre-Hidalgo, V. & R. Clark-Tapia. 2024. Mexican black spiny-tailed iguana *Ctenosaura pectinata* (Squamata: Iguanidae): female reproductive traits and hatchling phenotypic variability in a harvested population. *South American Journal of Herpetology* 31:73-81.
- Ahumada-Carrillo, I.T., O. Vázquez-Huizar, J. Vázquez-Díaz & U.O. García-Vázquez. 2011. Noteworthy records of amphibians and reptiles from Zacatecas, México. *Herpetological Review* 42:397-398.
- Ayala-Guerrero, F. & S. Huitrón-Reséndiz. 1991. Sleep patterns in the lizard *Ctenosaura pectinata*. *Physiology & Behavior* 49:1305-1307.
- Ayala-Guerrero, F. & G. Mexicano. 2008. Topographical distribution of the locus coeruleus and raphe nuclei in the lizard *Ctenosaura pectinata*: Functional implications on sleep. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 149:137-141.
- Barraza-Soltero, I.K., F.G. Cupul-Magaña & A.H. Escobedo-Galván. 2024. Food web of lizard species in a land-bridge island from Western Mexico. *Food Webs* 38:e00330.
- Buckley, L.J., K. De Queiroz, T.D. Grant, F.D. Hollingsworth, J.B. Iverson, S.A. Pasachnik & C.L. Stephen. 2014. A checklist of the iguanas of the world (Iguanidae; Iguaninae). *Herpetological Conservation and Biology* 11:4-46.
- Casas-Andreu, G. 1992. Anfibios y reptiles de las Islas Marías y otras islas adyacentes a la costa de Nayarit, México. Aspectos sobre su biogeografía y conservación. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* 63:95-112.
- Castro-Franco, R. & M.G. Bustos-Zagal. 2011. Variation in parental investment and relative clutch mass of the spiny-tail iguana, *Ctenosaura pectinata* (Squamata: Iguanidae) in central México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:199-204.
- Cruz-Sáenz, D., D. Lazcano, E. Bailon-Cuellar & B. Navarro-Velázquez. 2016. Notes on the Herpetofauna of Western Mexico 15: A new food item for the Western Spiny-tailed Iguana, *Ctenosaura pectinata* (Wiegmann, 1834). *Bulletin of the Chicago Herpetological Society* 51:1-4.
- Durtsche, R.D. 2000. Ontogenetic plasticity of food habits in the Mexican spiny-tailed iguana, *Ctenosaura pectinata*. *Oecologia* 124:185-195.
- Elliott, T.F., D.S. Bower & K. Vernes. 2019a. Reptilian mycophagy: a global review of mutually beneficial associations between reptiles and macrofungi. *Mycosphere* 10:776-797.
- Elliott, T.F., M.A. Jusino, J.M. Trappe, H. Lepp, G.A. Ballard, J.J. Bruhl & K. Vernes. 2019b. A global review of the ecological significance of symbiotic associations between birds and fungi. *Fungal Diversity* 98:161-194.
- Elliott, T.F., C. Truong, S.M. Jackson, C.L. Zúñiga, J.M. Trappe & K. Vernes. 2022. Mammalian mycophagy: a global review of ecosystem interactions between mammals and fungi. *Fungal Systematics and Evolution* 9:99-159.
- Flanigan, Jr, W.F. 1973. Sleep and wakefulness in iguanid lizards, *Ctenosaura pectinata* and *Iguana iguana*. *Brain, Behavior and Evolution* 8:417-436.
- Flores-Villela, O. & U.O. García-Vázquez. 2014. Biodiversity of reptiles in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:S467-S475.
- Guzmán-Huerta, G. 1977. Identificación de los hongos comestibles, venenosos, alucinantes y destructores de la madera. Limusa, Ciudad de México, México.
- Johnson, J.D., V. Mata-Silva, E. García-Padilla & L.D. Wilson. 2015. The herpetofauna of Chiapas, Mexico: composition, physiographic distribution, and conservation status. *Mesoamerican Herpetology* 2:272-329.
- Lemos-Espinal, J.A., G.R. Smith, H. Gadsden-Esparza, R. Valdez-Lares & G.A. Woolrich-Piña. 2018. Amphibians and reptiles of the state of Durango, Mexico, with comparisons with adjoining states. *ZooKeys* 748:65-87.
- López-Ruvalcaba, O.A.L., J.L. Arcos-García, G.D. Mendoza-Martínez, R. López-Pozos, S.J. López-Garrido & L. Vélez-Hernández. 2012. Parámetros reproductivos de las hembras de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) en condiciones intensivas. *Revista Científica* 22:65-71.
- Reid, D.A. & A. Eicker. 1991. A comprehensive account of *Chlorophyllum molybdites*. *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 32:317-34.



- Sánchez-Hernández, A.S., V.C. Rosas-Espinoza & F.A. Rodríguez Zaragoza. 2017. Canibalismo en *Ctenosaura pectinata* (Squamata: Iguanidae) en el parque nacional isla Isabel, Nayarit, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 33:386-388.
- Toledo, L.F., C.P.A. Prado & D.V. Andrade. 2004. *Tupinambis merianae* (Tegu Lizard): fungivory. *Herpetological Review* 35:173-174.
- Uribe, M.C.A., S.R. Velasco, L.J. Guillette Jr & E.F. Estrada. 1988. Oviduct histology of the lizard, *Ctenosaura pectinata*. *Copeia* 1988:1035-1042.
- Wolcott, G.N. 1924. The food of Porto Rican lizards. *Journal of the Department of Agriculture of Puerto Rico* 7:5-37.
- Zurita-Carmona, M.E., B.C. Aguilar-Valdez, A. González-Embarcadero, G.D. Mendoza-Martínez & J.L. Arcos-García. 2009. Composición de la dieta, consumo de proteína y energía en iguana negra, *Ctenosaura pectinata* Wiegmann, 1834, y densidad poblacional en Santos Reyes Nopala, Oaxaca. *Universidad y Ciencia* 25:103-109.



COMMUNAL NESTING AND SEXUAL DIMORPHISM IN THE MICROENDEMIC GECKO FROM MEXICO *PHYLLODACTYLUS DELCAMPOI* (GEKKOTA: PHYLLODACTYLIDAE)

ANIDACIÓN COMUNAL Y DIMORFISMO SEXUAL DEL GECKO MICROENDÉMICO DE MÉXICO *PHYLLODACTYLUS DELCAMPOI* (GEKKOTA: PHYLLODACTYLIDAE)

Diego Miguel Arenas-Moreno¹, Adán Bautista-del Moral^{2,3*}, Arnulfo Villanueva-Castro^{2,3} & Fausto R. Méndez-de la Cruz³

¹Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero, 39086, Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México.

²Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Coyoacán, Ciudad de México, México.

³Laboratorio de Herpetología, Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Coyoacán, Ciudad de México, México.

*Correspondence: BautistadelMoralA@gmail.com

Received: 2024-06-27. Accepted: 2024-11-05. Published: 2025-03-06.

Editor: Pierre Charruau, México.

Resumen.— *Phyllodactylus* está compuesto por geckos nocturnos y ovíparos que habitan áreas rocosas en regiones tropicales y subtropicales de América. A pesar de su abundancia, el conocimiento sobre su historia natural es escaso. Aquí documentamos algunos aspectos reproductores de *P. delcampoi*, un gecko microendémico de un bosque tropical caducifolio de Guerrero, México. Encontramos un nido comunal con 18 huevos dentro de una grieta en una roca de granito. Aunque la anidación comunal en geckos se ha observado previamente, este es el primer registro documentado en lagartijas mexicanas. Las puestas comunales podrían estar asociado con hábitats rocosos y una alta abundancia de individuos, como se observó en la especie estudiada. Además, encontramos un individuo adulto que permaneció frecuentemente cerca del área circundante al nido comunal, lo que sugiere cuidado parental en *P. delcampoi*. Adicionalmente, tomamos medidas morfométricas para determinar el dimorfismo sexual y encontramos que los machos son más grandes y pesados que las hembras.

Palabras clave.— Bosque tropical caducifolio, cuidado parental, estado de Guerrero, historia natural, *Phyllodactylus delcampoi*.

Abstract.— *Phyllodactylus* consists of nocturnal, oviparous geckos that inhabit rocky areas in tropical and subtropical regions of the Americas. Despite their abundance, knowledge about their natural history is scarce. Here, we documented some reproductive aspects of *P. delcampoi*, a microendemic gecko from the tropical dry forests of Guerrero, Mexico. We found a communal nest with 18 eggs inside a granite rock crevice. Although communal nesting is known in various gecko species, this is the first documented case in a Mexican lizard species. Communal nesting may be associated with rocky habitats and high individual abundance, as observed in the study species. Furthermore, we found an adult individual that frequently remained close to the surroundings of the community nest, which suggests parental care in *P. delcampoi*. Additionally, we recorded morphometric measurements to determine sexual size dimorphism and found that males are larger and heavier than females.

Keywords.— Guerrero state, natural history, parental care, *Phyllodactylus delcampoi*, tropical dry forest.

The leaf-toed geckos (genus *Phyllodactylus*) are primarily nocturnal animals that inhabit rocky areas in tropical and subtropical regions of America (Dixon, 1964; Ramírez-Reyes & Flores-Villela, 2018). These organisms exhibit oviparous reproduction and display a wide variety of reproductive cycles (Vitt, 1986; Okada et al., 2002; Colli et al., 2003; Goldberg,

2007). The clutch size is limited to one or two eggs per laying (Dixon, 1964; Vitt, 1986; Doughty, 1997; Ramírez-Sandoval et al., 2006). Some studies conducted to date have demonstrated that precipitation, temperature, photoperiod, sexual dimorphism, or their combinations play a significant role in the reproductive activity and egg size and mass of these species (Vitt, 1986;

Ramírez-Sandoval et al., 2006; Goldberg, 2007; Zhang et al., 2009). Specifically, we know that some species of *Phyllodactylus* distributed in Mexico exhibit a continuous reproductive cycle, meaning that females produce multiple clutches throughout the year, with peak egg production between December and April (Dixon, 1964; Ramírez-Sandoval et al., 2006). Additionally, some species exhibit sexual dimorphism, with males showing larger body sizes compared to females (Argote-Rodríguez, 2006; Ramírez-Sandoval et al., 2006).

On the other hand, despite Mexico's abundance of *Phyllodactylus* species, knowledge about the natural history of these lizards is practically nonexistent. In particular, one of these species is Del Campo's Leaf-toed Gecko, *Phyllodactylus delcampoi* Mosauer, 1936. This gecko species is relatively large, with a mean snout-vent length of approximately 72.4 mm (Dixon, 1964). It exhibits a dark brown coloration with a series of banded spots distributed along its back (Fig. 1A) (Dixon, 1964). This species is micro-endemic to Mexico, with a geographical distribution restricted to the vicinity of Tierra Colorada, Guerrero, where it occupies crevices and caves formed by large granite boulders in the Tropical Deciduous Forest (Dixon, 1964; Palacios-Aguilar et al., 2018; Muñoz-Nolasco et al., 2019). *Phyllodactylus delcampoi* is classified as threatened species according to the Mexican Official Standard 059-SEMARNAT (SEMARNAT, 2010). The available information on the natural history of this species is limited and scarce (Dixon, 1964; Muñoz-Nolasco et al., 2019). Therefore, in this work we present the first record of communal nesting and parental care in *P. delcampoi*. Additionally, we include data of the sexual dimorphism on in this species.

Area of study. Reproductive data were collected during the dry season on 20 and 26 April 2024, in the locality of Tierra Colorada, Guerrero (17.16° N, 99.53° W). The study site is at an altitude of 165 m a.s.l., with an average ambient temperature of 27.5 °C (ranged from 18.3 to 36.8 °C) and an average precipitation of 1,342 mm (Muñoz-Nolasco et al., 2019). The exact geographic coordinates of the study site are not included. However, they can be requested via email to corresponding author for scientific purposes.

Communal egg-laying. In the first sampling carried out on 20 April 2024, at 10:43 h, a nesting site composed by 18 eggs was found, arranged together and placed vertically, parallel to each other (Fig. 1B). The nest was located inside a crevice in a granite rock. Using a digital caliper, we measured the crevice where the nest was located. The width of the crevice was 20 mm, and the nest was situated at a depth of approximately 15 cm from the outer edge of the rock. Additionally, the eggs exhibited an opalescent white coloration, were calcified, and adhered to the substrate,

which prevented accurate measurements. However, to estimate the approximate size of the eggs, we used a digital measurement application. This approach was taken to avoid compromising the integrity of the nest. The average length and width of the eggs were 18 x 10 mm (N = 18). Additionally, an adult specimen of *P. delcampoi* was found next to the communal nesting site.

Subsequently, 26 April 2024, at 11:00 h, a second visit to the nesting site was conducted to collect additional temperature and humidity data. Temperature data were taken with a Fluke 51-II thermometer connected to a type K sensor ($\pm 0.1^\circ\text{C}$). The mean surface temperature of 10 eggs in the nest was $31.8 \pm 0.25^\circ\text{C}$. The substrate and air temperatures, measured within the crevice adjacent to the nest, were 32 and 33.6 °C, respectively. Additionally, a UNI-T hygrometer ($\pm 5\%$) was used to record the ambient relative humidity around the eggs. The maximum humidity value was 47.9% and the minimum was 42.9%. During this second visit, an adult organism was again observed in the same position, next to the nesting site (Fig. 1C). Finally, to determine the species, it was necessary to collect one of the eggs, which contained a well-developed *P. delcampoi* preneonate. This specimen was male, with a snout-vent length (SVL) of 22.9 mm and a tail length (TL) of 19.4 mm. The specimen was deposited in the Colección Nacional de Anfibios & Reptiles at Universidad Nacional Autónoma de México (CNAR IBH-3663).

Morphological data. During the sampling on 20 and 26 April, we collected 30 adult individuals of *P. delcampoi*. It is worth noting that no data are available on the minimum size at which *P. delcampoi* individuals are considered adults. However, all collected individuals had a size greater than 66.7 mm, whereas the minimum size to consider adults in other medium-sized *Phyllodactylus* species, such as *P. benedetti*, is 49 mm (Ramírez-Sandoval et al., 2006; Ramírez-Reyes & Flores-Villela, 2018). Therefore, we estimate that the collected individuals of the studied species were adults. We transported the geckos to the Laboratorio Integral de Vida Silvestre at the Universidad Autónoma de Guerrero, Mexico, where we determined their sex by eversion of the hemipenis and recorded the following morphological variables (mm): snout-vent length (SVL), tail length (TL), axilla-groin length (AGL), upper arm length (UAL), forearm length (FAL), upper leg length (UL), lower leg length (LL), head length (HL), head width (HW), head height (HH), as well as the body mass (g) of the organisms (Christian & Garland, 1996; Ramírez-Bautista et al., 2009; García-Bastida et al., 2013). After data collection, lizards were in the under observation for 48 hours before being returned to the capture sites. The morphological data are presented by sex in Table 1.

Sexual dimorphism. To evaluate the sexual size dimorphism, we

first performed a normality and homoscedasticity tests (Zar, 1999). We implemented t-student tests to compare the body size and body mass between females and males. Then, we conducted Generalized Linear Mixed Models (GLMM) to identify the morphometric variables related with the differences between sexes, using the function `glm` in R program version 4.2.1 (R Development Core Team, 2022). It is worth mentioning that for these models, we removed the effect of body size. Following this, we implemented a comparison between sexes across ten models with analyses of deviance with `anova` function from the `car` package (see Table 2 for more information). Finally, we selected the best model identifying the most significant variables in sexual dimorphism using the Akaike Information Criterion corrected (AICc), supported by `MuMin` package and `AICc` function. Statistical analyses were performed in R program version 4.2.1 (R Development Core Team, 2022).

The comparisons between size (SVL) and mass presented significant differences in both sexes ($t=2.413$, $p=0.023$; $t=2.196$, $p=0.035$, respectively). Also, females and males showed significant

differences in all models, except for the axilla groin length (AGL), indicating that males are larger than females (Table 2). We also found that the most significant morphometric variables contributing to sexual dimorphism were head measurements, with males exhibiting larger heads than females (Table 2).

Although communal nesting has been widely documented in various gecko species, including some species of the genus *Phyllodactylus*, our observation is the first documented record of intraspecific communal egg-laying of a Mexican leaf-toed gecko (Graves & Duvall, 1995; Doody et al., 2009; Domingos et al., 2017). Communal nesting has been associated with unfavorable climatic conditions, such as extreme temperatures, arid conditions and excessive moisture, due to these factors may limit the availability of microhabitats with suitable conditions for egg incubation (Doody et al., 2009; Montgomery et al., 2011). However, the study area lacks these adverse characteristics, as it exhibits homogeneous temperatures and moisture levels (Muñoz-Nolasco et al., 2019). Other factors associated with communal nesting include limited resources or habitat

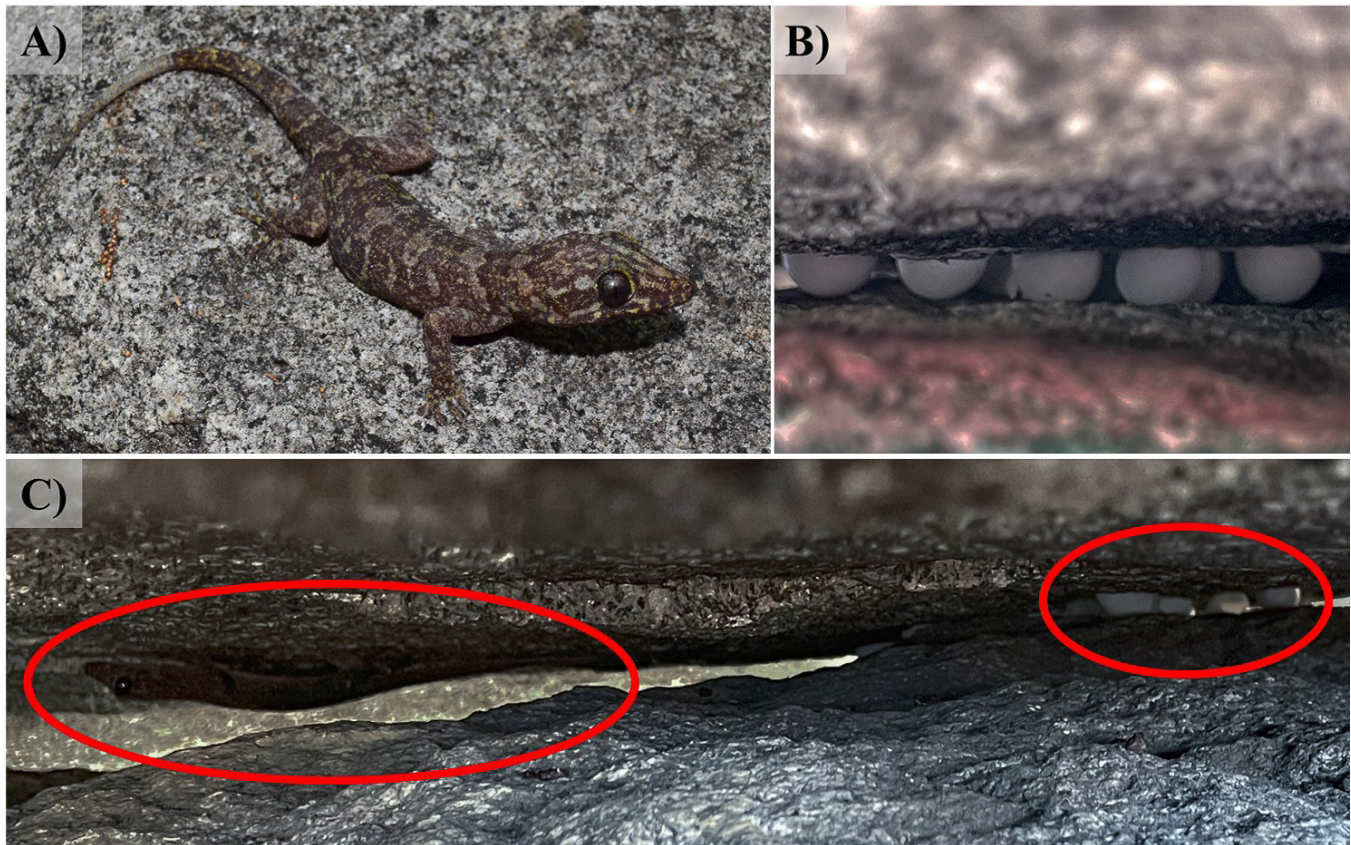


Figura 1. Macho adulto de *Phyllodactylus delcampoi* en el área de estudio (A), puesta comunal (B) e individuo cerca del nido comunal (C).

Figure 1. Adult male of *Phyllodactylus delcampoi* in study area (A), communal clutch (B), and individual near to the communal clutch (C).

Tabla 1. Masa en g y variables morfométricas en mm de *Phyllodactylus delcampoi* por sexos (16 machos y 14 hembras). SVL = longitud hocico-cloaca; TL= longitud de la cola; AGL = longitud axila-ingle; UAL = longitud del brazo; FAL = longitud del antebrazo; UL = longitud del fémur; LL = longitud de la tibia; HL = longitud de la cabeza; HW = ancho de la cabeza; HH = alto de la cabeza. Se presentan el valor promedio, la desviación estándar (\pm), los valores mínimo y máximo (min – max).

Table 1. Mass in g and morphometric variables in mm of *Phyllodactylus delcampoi* by sex (16 males and 14 females). SVL = snout-vent length; TL = tail length; AGL = axilla-groin length; UAL = upper arm length; FAL = forearm length; UL = upper leg length; LL = lower leg length; HL = head length; HW = head width; HH = head height (HH). The average value, standard deviation (\pm), and minimum and maximum values (min – max) are presented.

Traits	Mass	SVL	TL	AGL	UAL	FAL	UL	LL	HW	HH	HL
Male	10.95 \pm 2.04 (7.43 – 14.57)	81.12 \pm 4.52 (72.8 – 88.2)	77.4 \pm 10.5 (60.2 – 106.2)	37.96 \pm 2.54 (34 – 43.5)	11.91 \pm 0.88 (10.6 – 14)	13.53 \pm 1.45 (10.9 – 16.3)	16.19 \pm 1.52 (11.2 – 18.3)	13.09 \pm 1.14 (11.1 – 14.5)	14.66 \pm 1.03 (12.8 – 16.4)	7.87 \pm 0.97 (6.7 – 10.1)	19.08 \pm 1.4 (15.5 – 21.1)
Female	9.2 \pm 2.33 (5.28 – 12.79)	76.46 \pm 6.07 (66.7 – 89.7)	72.0 \pm 7.2 (54.4 – 86.3)	36.6 \pm 4.61 (28.4 – 45.4)	10.69 \pm 0.89 (9.2 – 12.2)	12.64 \pm 1.56 (9.5 – 14.9)	15.04 \pm 1.47 (11.9 – 17)	12.31 \pm 1.22 (10.5 – 14.5)	13.74 \pm 1.03 (11.6 – 14.9)	7.46 \pm 1 (6 – 8.9)	17.94 \pm 1.58 (15.4 – 20.7)

Tabla 2. Valores de los modelos lineales mixtos generalizados (GLMM) realizados con múltiples variables morfométricas (medidas en mm) entre sexos para la especie de estudio. El efecto de la talla (LHC) ha sido removido para cada modelo. df = grados de libertad; AICc = criterio ajustado de información de Akaike; AGL = longitud axila-ingle; UAL = longitud del brazo; FAL = longitud del antebrazo; UL = longitud del fémur; LL = longitud de la tibia; HL = longitud de la cabeza; HW = ancho de la cabeza; HH = alto de la cabeza. No incluimos datos de la longitud de la cola (TL) debido a que podría ser una variable poco informativa debido a la posibilidad de autotomía caudal previa a las mediciones.

Table 2. Values of the Generalized Linear Mixed Models (GLMM) performed with multiple morphometric value (measures in mm) by sex on the study species. The effect of body size (SVL) has been removed for each model. df = degree of freedom; AICc = Akaike information criterion adjusted; M = mass in g; SVL = snout-vent length; AGL = axilla-groin length; UAL = upper arm length; FAL = forearm length; UL = upper leg length; LL = lower leg length; HL = head length; HW = head width; HH = head height (HH). We did not include tail length (TL) because it might be an uninformative trait due to caudal autotomy.

Model	Variables	df	AICc	deltaAICc	Comparison by sex
1	AGL+UAL+FAL+ULF+LL+HL+HW+HH	4	205.6063	55.83421	$\chi^2 = 8.57$, df =1, p = 0.003
2	UAL+FAL+ULF+LL+HL+HW+HH	4	186.9422	37.17009	$\chi^2 = 11.571$, df = 1, p < 0.001
3	HL+HW+HH	4	149.7721	0	$\chi^2 = 6.251$, df =1, p = 0.01
4	UAL+FAL+ ULF+LL	3	163.5697	13.79762	$\chi^2 = 10.457$, df = 1, p = 0.001
5	AGL	3	167.6523	17.88022	$\chi^2 = 0.945$, df = 1, p = 0.331

saturation, as competition with other oviparous species also may restrict the availability of microsites with optimal incubation conditions (Doody et al., 2009; Montgomery et al., 2011; Alfonso et al., 2012). Therefore, *P. delcampoi* could be exposed to other types of pressures as competition with other oviparous species such as *P. lanei* or *Anolis gadovii*, which inhabit the same rocky areas (Muñoz-Nolasco et al., 2019); although during our study period we did not find nests of these species.

The communal nesting is relatively common in rocky environments similar to the habitat of *P. delcampoi*, as thermal conditions within the rocks are more homogeneous and present

higher humidity levels compared to other areas (Muñoz-Nolasco et al., 2019). These characteristics offer favorable conditions for embryonic development and simultaneously facilitate aggregation behavior, promoting communal egg-laying (Graves & Duvall, 1995; Montgomery et al., 2011). Additionally, there is evidence that communal egg-laying is related to parental care, particularly in populations with high abundance where nesting sites may be scarce (Doody et al., 2009). Despite our observations were conducted only during two days, we found an adult organism next to the nesting site. This observation suggests that these organisms may exhibit some degree of parental care, similar to other gecko species (Graves & Duvall, 1995; Mateo &

Cuadrado, 2012). Unfortunately, we were unable to capture it the individual to identify the sex.

Some studies suggest that communal egg-laying could be beneficial when suitable oviposition sites are constrained by high population density (Doody et al., 2009). During our sampling period, we observed that *P. delcampoi* was very abundant at the study site, which could explain the communal egg-laying of *P. delcampoi*. Therefore, the presence of an adult near the communal nest supports the idea that this behavior is related to parental care. However, further studies are necessary to confirm parental care in this gecko species.

Despite the lack of data on the minimum size of adult *P. delcampoi*, in previous samplings, carried out in the month of January 2024, we found gravid female with a minimum SVL size of 78 mm. However, a study evaluating the reproductive cycle is necessary to confirm the minimum size of adults of this species. Regarding sexual size dimorphism, we found that *P. delcampoi* exhibits significant differences in body size and body mass, with males being larger and heavier than females. Additionally, males have larger heads, a pattern previously reported in other gecko species (Vitt, 1986; Okada et al., 2002; Ramírez-Sandoval et al., 2006). These morphological differences can be attributed to differential growth rates, male-male competition (Vitt, 1982; Husak et al., 2006), territoriality (Greer, 1967), which may in turn be associated with communal egg-laying, due to that multiple females may selected a single male that attending their clutches (Doody et al., 2009). However, the communal nesting associated with sexual selection is documented more in frogs than in reptiles (Doody et al., 2009), highlighting the need for studies focused on elucidating the reproductive patterns of various lizards, especially those species with restricted distributions and specific requirements, such as *P. delcampoi*.

Acknowledgments.— We thank to the Posgrado en Ciencias Biológicas of the UNAM and the Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCyT) for postgraduate scholarships granted to ABD (1148030) and AVC (1281559). We thank Adrián M. Wong García, Litza E. Cruz Áviles and Roberto C. Valente López for their valuable collaboration during the field work and Sebastián Palacios Reséndiz for incorporating the collected specimen into the CNAR of UNAM. Likewise, we thank the authorities of the community of Tierra Colorada, Guerrero, for allowing us to work in their community. This research was funded by the Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica of the UNAM (PAPIIT; IN 208624). Organisms were collected under permit numbers

SGPA/DGVS/06917/23 by the Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

LITERATURE CITED

- Alfonso, Y.U., P. Charruau, G. Fajardo & A.R. Estrada. 2012. Interspecific communal oviposition and reproduction of three lizard species in Southeastern Cuba. *Herpetology Notes* 5:73-77.
- Argote-Rodríguez, S.I. 2006. Estudio de la reproducción y alimentación de *Phyllodactylus tuberculosus* (Sauria: Gekkonidae) en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Los Reyes Iztacala, Estado de México, México.
- Colli, G.R., D.O. Mesquita, P.V. Rodrigues & K. Kitayama. 2003. Ecology of the gecko *Gymnodactylus gekkoides* amarali in a Neotropical savanna. *Journal of Herpetology* 37:694-706.
- Christian, A. & T. Garland Jr. 1996. Scaling of limb proportions in monitor lizards (Squamata: Varanidae). *Journal of Herpetology* 30:219-230.
- 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* 64:1-139.
- Domingos, F.M., Í.C. Arantes, R.J. Bosque & M.G. Santos. 2017. Nesting in the lizard *Phyllopezus pollicaris* (Squamata: Phyllodactylidae) and a phylogenetic perspective on communal nesting in the family. *Phyllomedusa: Journal of Herpetology* 16:255-267.
- Doody, J.S., S. Freedberg & J.S. Keogh. 2009. Communal egg-laying in reptiles and amphibians: evolutionary patterns and hypotheses. *The Quarterly Review of Biology* 84:229-252.
- Doughty, P. 1997. The effects of "fixed" clutch sizes on lizard life-histories: reproduction in the Australian velvet gecko, *Oedura lesueurii*. *Journal of Herpetology* 31:266-272.
- García-Bastida, M., D. Lazcano, L.D. McBrayer & R. Mercado-Hernández. 2013. Sexual dimorphism in the alligator lizard *Gerrhonotus infernalis* (Sauria: Anguillidae): implications for sexual selection. *The Southwestern Naturalist* 58:202-208.
- Goldberg, S.R. 2007. Notes on reproduction of Peters' Leaf-toed Gecko, *Phyllodactylus reissii* (Squamata, Gekkonidae), from Peru. *Phyllomedusa: Journal of Herpetology* 6:147-150.



- Graves, B.M. & D. Duvall. 1995. Aggregation of squamate reptiles associated with gestation, oviposition, and parturition. *Herpetological Monographs* 9:102-119.
- Greer, A.E. 1967. The ecology and behavior of two sympatric *Lygodactylus* geckos. *Breviora* 268:1-19.
- Husak, J.F., S.F. Fox, M.B. Lovern & R.A.V.D. Bussche. 2006. Faster lizards sire more offspring: sexual selection on whole animal performance. *Evolution* 60:2122-2130.
- Mateo, J.A. & M. Cuadrado. 2012. Communal nesting and parental care in Oudri's fan-footed gecko (*Ptyodactylus oudrii*): field and experimental evidence of an adaptive behavior. *Journal of Herpetology* 46:209-212.
- Montgomery, C.E., E.J.G. Rodriguez, H.L. Ross & K.R. Lips. 2011. Communal nesting in the anoline lizard *Norops lionotus* (Polychrotidae) in central Panama. *The Southwestern Naturalist* 56:83-88.
- Muñoz-Nolasco, F.J., D.M. Arenas-Moreno, R. Santos-Bibiano, A. Bautista-del Moral, F.J. Gandarilla-Aizpuro, D.A. Brindis-Badillo & F.R. Méndez-de la Cruz. 2019. Evaporative water loss of some habitat-restricted Mexican lizard species. *Herpetological Conservation and Biology* 14:51-66.
- Okada, S., M. Izawa & H. Ota. 2002. Growth and reproduction of *Gekko hokouensis* (Reptilia: Squamata) on Okinawajima island of the Ryukyu archipelago, Japan. *Journal of Herpetology* 36:473-479.
- Palacios-Aguilar, R., R. Santos-Bibiano & O. Flores-Villela. 2018. A new species of *Lepidophyma* (Squamata: Xantusiidae) from the Pacific lowlands of Guerrero, Mexico. *Journal of Herpetology* 52:327-331.
- Pike, D.A., J.K. Webb & R.M. Andrews. 2011. Social and thermal cues influence nest site selection in a nocturnal gecko, *Oedura lesueurii*. *Ethology* 117:796-801.
- Ramírez-Bautista, A. & N.P. Pavon. 2009. Sexual dimorphism and reproductive cycle in the arboreal spiny lizard *Sceloporus formosus* Wiegmann (Squamata: Phrynosomatidae) from central Oaxaca, Mexico. *Revista Chilena de Historia Natural* 82:553-563.
- Ramírez-Reyes, T. & O. Flores-Villela. 2018. Taxonomic changes and description of two new species for the *Phyllodactylus lanei* complex (Gekkota: Phyllodactylidae) in Mexico. *Zootaxa* 4407:151-190.
- Ramírez-Sandoval, E., A. Ramírez-Bautista & L.J. Vitt. 2006. Reproduction in the lizard *Phyllodactylus lanei* (Squamata: Gekkonidae) from the Pacific Coast of Mexico. *Copeia* 1:1-9.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (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. Diario Oficial de la Federación. 30 de diciembre de 2010. Segunda Sección. México.
- Vitt, L.J. 1982. Sexual dimorphism and reproduction in the microteiid lizard, *Gymnophthalmus multiscutatus*. *Journal of Herpetology* 16:325-329.
- Vitt, L.J. 1986. Reproductive tactics of sympatric gekkonid lizards with a comment on the evolution and ecological consequences of invariant clutch size. *Copeia* 1986:773-786.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical analysis*, 4th edition. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- Zhang, Y.P., W.G. Du & L.J. Zhu. 2009. Differences in body size and female reproductive traits between two sympatric geckos, *Gekko japonicus* and *Gekko hokouensis*. *Folia Zoologica* 58:113.



ANOFTALMIA EN ANUROS DE LATINOAMÉRICA: NUEVO CASO EN COLOMBIA, ESTADO DEL CONOCIMIENTO Y PERSPECTIVAS PARA LA CONSERVACIÓN

ANOPTHALMIA IN ANURANS OF LATIN AMERICA: NEW CASE IN COLOMBIA, STATE OF KNOWLEDGE AND PERSPECTIVES FOR CONSERVATION

Daniel Enrique Espitia-Sanabria¹, Iván Camilo Pineda-Infante¹, Pamela Patiño Salazar¹ & Sebastián Cortés-Gallo^{1*}

¹Grupo de Ecología y Diversidad de Anfibios y Reptiles, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Caldas, Calle 65 # 26-10, A. A. 275, Manizales, Colombia.

*Correspondence: sebastiancg.9603@gmail.com

Received: 2024-06-15. Accepted: 2024-10-29. Published: 2025-03-10.

Editor: María Laura Ponssa, Argentina.

Resumen.— La anoftalmia es una anomalía ocular que se presenta con baja frecuencia en poblaciones de anuros en todo el mundo. En Latinoamérica, existen muy pocos casos reportados en la literatura y existen vacíos de conocimiento en torno a las causas potenciales que pueden estar ocasionando esta anomalía. En este artículo ofrecemos una revisión y análisis de los casos reportados de anoftalmia en anuros para Latinoamérica, identificando posibles causas y dando una perspectiva para la conservación. Además, presentamos el primer caso documentado de anoftalmia en *Leucostethus* aff. *fraterdanieli* (Dendrobatidae) para Colombia. Se recopiló información en las bases de datos Scopus y Google Scholar, obteniendo 27 trabajos con más de 88 registros totales de anoftalmia unilateral y bilateral en anuros de diferentes etapas de desarrollo. Se obtuvo información para 32 especies y un híbrido, producto de un cruce entre *Rhinella diptycha* x *Rhinella arenarum*, siendo Bufonidae y Brasil, respectivamente, la familia y el país con la mayor cantidad de registros de esta anomalía. La contaminación por agroquímicos y la hibridación son las dos únicas causas comprobadas asociadas a la aparición de la anoftalmia, mientras que la radiación UV-B, endogamia, mutaciones, entre otras, son causas potenciales que se deben evaluar a profundidad. Esta anomalía puede provocar cambios a nivel comportamental y fisiológico que acarrear efectos negativos como cambios en la estrategia de forrajeo y mayor vulnerabilidad hacia la depredación, afectaciones que se deben tener en cuenta en futuros planes y estrategias de conservación.

Palabras clave.— Anormalidad ocular, anfibios, conservación, revisión.

Abstract.— Anophthalmia is an ocular abnormality that occurs infrequently in anuran populations worldwide. In Latin America, there are very few reported cases in the literature and there are gaps in knowledge about the potential causes that may be causing this anomaly. In this article we offer a review and analysis of the reported cases of anophthalmia in anurans from Latin America, identifying possible causes and giving a perspective for conservation. In addition, we present the first documented case of anophthalmia in *Leucostethus* aff. *fraterdanieli* for Colombia. Information was collected in the Scopus and Google Scholar databases, obtaining 27 papers with more than 88 total records of unilateral and bilateral anophthalmia in anurans of different stages of development. Information was obtained for 32 species and one hybrid, the product of a crossing between *Rhinella diptycha* x *Rhinella arenarum*, with Bufonidae and Brazil, respectively, the family and country with the largest number of records of this anomaly. Agrochemical contamination and hybridization are the only proven causes associated with the appearance of anophthalmia. At the same time, UV-B radiation, inbreeding, mutations, among others, are potential causes that must be evaluated in depth. This anomaly can cause behavioral and physiological changes that have negative effects such as changes in foraging strategy and increased vulnerability to predation, which should be taken into account in future conservation plans and strategies.

Keywords.— Amphibians, conservation, ocular abnormality, review.

INTRODUCCIÓN

El aumento en el número de anfibios con anomalías morfológicas reportados en la literatura durante las últimas dos décadas ha generado una considerable preocupación entre los investigadores de todo el mundo (Blaustein & Johnson, 2003; Henle et al., 2017; Gobel et al., 2022). Estas anomalías son el resultado de defectos estructurales producidos por una mutación, trauma o errores producidos en las primeras etapas de desarrollo de los anfibios (Blaustein & Johnson, 2003). Entre las anomalías más comunes reportadas en anuros podemos encontrar: malformaciones en las extremidades (e.g., polidactilia); vértebras (e.g., cifosis); zona ocular (e.g., anoftalmia) (Meteyer, 2000; Lannoo, 2008; Henle et al., 2017). Sin embargo, aún no se tiene certeza del efecto de estas anomalías sobre la historia de vida de las especies afectadas.

La anoftalmia es una anomalía ocular relativamente común en poblaciones naturales de anuros (e.g., Ramalho et al., 2017; Brassaloti & Bertoluci, 2018; Cortés-Suárez, 2018; Morales-Flores et al., 2021). Esta se reconoce por la ausencia de uno o ambos globos oculares, dejando una depresión en la órbita cubierta por piel (Ganesh & Arumugam, 2015). Las causas potenciales asociadas a la anoftalmia son diversas y pueden estar relacionadas con alteraciones congénitas (Mitchell & Georgel, 2005; Ramalho et al., 2017), genéticas (Sánchez-Domene et al., 2018), carcinoma de tiroides (Cheong et al., 2000), contaminantes químicos (Bacon et al., 2006; Mantecca et al., 2007; Bacon et al., 2013; Sousa & Costa-Campos, 2017), endogamia (Williams et al., 2008), enfermedades infecciosas (Burton et al., 2008), hibridación (Mable & Rye, 1992; Rengel et al., 1994), parasitismo (Johnson et al., 2002; Roberts & Dickinson, 2012), radiación ultravioleta (Fite et al., 1998; Bacon et al., 2013), entre otras. Así mismo, puede ser el resultado de efectos sinérgicos (Toledo & Ribeiro, 2009) que, por ejemplo, pueden involucrar factores como los agroquímicos y la radiación UV-B (Hernández-Jaúregui & Chacón-Juárez, 2021). La ausencia del órgano visual es altamente perjudicial y puede poner en peligro la supervivencia de los individuos que la presentan (Ramalho et al., 2017). Su pérdida impacta negativamente la percepción espacial (orientación y profundidad), la evitación ante la depredación, ubicación y selección de presas (Rengel et al., 1994; Tolleo & Toledo, 2015). Además, puede afectar otros aspectos de la historia natural como el cortejo y la territorialidad, comportamientos que pueden estar muy influenciados por la visión (Toledo et al., 2007).

El impacto de la anoftalmia en poblaciones de anuros ha sido bien documentado en Norteamérica, Europa y Asia (Henle et al., 2017). En Latinoamérica existen pocos casos registrados

y han sido publicados principalmente como notas breves de un solo evento (e.g., Souza & Costa-Campos, 2017; Cortés-Suárez, 2018; Castro-Torreblanca & Blancas-Calva, 2021), y sólo algunos artículos evalúan y discuten el impacto de esta anomalía a nivel poblacional, postulando posibles causas asociadas (Rengel et al., 2014; Guerra & Aráoz, 2016). En este trabajo presentamos el primer caso documentado de anoftalmia en *Leucostethus* aff. *fraterdanieli* en Colombia. Además, recopilamos y analizamos los casos reportados de anoftalmia en anuros de Latinoamérica, identificando sus posibles causas y discutiendo las implicaciones para la conservación de las especies afectadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El 08 de noviembre de 2022 a las 12:24 h se observó de manera fortuita un individuo adulto de *Leucostethus* aff. *fraterdanieli* con ausencia de su ojo izquierdo (Fig. 1), anomalía conocida como anoftalmia (Meteyer, 2000). El individuo fue encontrado muerto en un área cercana al parqueadero del Jardín Botánico de la Universidad de Caldas (5.056743° N, 75.494305° W, 2,100 m s.n.m.) en la ciudad de Manizales, departamento de Caldas, Colombia. El espécimen fue recolectado para su registro fotográfico; posteriormente fue fijado con una solución de formol al 10 %, preservado en alcohol etílico al 70 % (Aguirre-León, 2011) y depositado en el Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas (MHN-UCa 1585). A partir de este hallazgo, y con la finalidad de recopilar los casos de anoftalmia reportados en anuros de Latinoamérica e hipotetizar sobre las posibles causas, realizamos una revisión de literatura. Para esto utilizamos bases de datos como Scopus (<https://www.scopus.com/home.uri>) y Google Scholar (<https://scholar.google.es/schhp?hl=es>), abarcando todas las publicaciones hasta el 12 de julio de 2024. Usamos la siguiente combinación de palabras clave: (“anophthalmia” OR “eye malformation” OR “eye anomaly” OR malformation* OR anomal*) AND (anura* OR amphibian* OR tadpole* OR frog* OR toad*) AND (“South America” OR “Central America”). También utilizamos las referencias de los artículos seleccionados para buscar documentos adicionales.

En esta búsqueda excluimos documentos de literatura gris como trabajos de grado y reportes/observaciones personales. A cada trabajo seleccionado se le extrajeron las siguientes variables: 1. Familia y especie (siguiendo a Frost, 2024); 2. Número de individuos afectados; 3. Etapa de desarrollo (i.e., renacuajo, metamorfo/juvenil y adulto); 4. Tipo de anoftalmia (i.e., unilateral o bilateral); 5. Ojo afectado (i.e., derecho o izquierdo). Definimos el lado afectado utilizando las figuras proporcionadas



Figure 1. Adult individual of *Leucostethus* aff. *fraterdanieli* in lateral view with anophthalmia in the left eye. Photo: Iván Camilo Pineda-Infante.

Figura 1. Individuo adulto de *Leucostethus* aff. *fraterdanieli* en vista lateral con anoftalmia en el ojo izquierdo. Foto: Iván Camilo Pineda-Infante.

en los documentos, observando a los individuos desde una vista dorsal. Destinamos la categoría “no especificado” cuando no era posible conocer la orientación; 6. Causa determinada; 7. Causa potencial; 8. País; 9. Categoría de amenaza según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2024); 10. Tipo de documento (i.e., libro, artículo, nota).

RESULTADOS

Además de nuestra observación, encontramos 27 trabajos distribuidos en 22 notas y cinco artículos con más de 88 registros totales de anoftalmia unilateral y bilateral reportados en renacuajos, metamorfos, juveniles y adultos (Apéndice 1). Los registros bibliográficos y nuestra observación abarcaron 32 especies y un híbrido, producto de un cruce entre *Rhinella diptycha* x *Rhinella arenarum*, distribuidos en siete familias, siendo Bufonidae la familia con el mayor número de registros (Fig. 2). La anomalía se ha reportado con mayor frecuencia en Brasil, seguido de Argentina, Colombia, México, Costa Rica y Panamá (Fig. 3).

La primera publicación de un caso de anoftalmia en Latinoamérica aparece a mediados de la década de los 90's (Fig.

4). Posteriormente, no se tuvo información de esta anomalía en la región hasta finales de la década siguiente, marcando el inicio de una serie de publicaciones casi anuales. El año 2021 presentó un incremento importante de publicaciones, siendo el primer pico histórico de información relacionada con esta anomalía ocular para Latinoamérica con seis trabajos (Apéndice 1; Fig. 4).

La mayoría de los registros se basan en encuentros accidentales donde las causas asociadas a este tipo de anomalía no son claras. Solo dos trabajos lograron atribuir la causa de la anoftalmia a agroquímicos (Guerra & Aráoz, 2016) e hibridación (Rengel et al., 1994). En los demás reportes los factores causantes fueron desconocidos, estableciendo como causas potenciales a los agroquímicos, el desarrollo anormal (congénito), endogamia, mutaciones naturales, radiación ultravioleta, minería y a otras actividades antropogénicas (Apéndice 1).

DISCUSIÓN

La anoftalmia reportada en este trabajo constituye el primer registro de esta anomalía sobre una especie de la familia Dendrobatidae (Fig.1). Entre las causas potenciales resaltamos el posible efecto del uso de agroquímicos (e.g., insecticidas) en

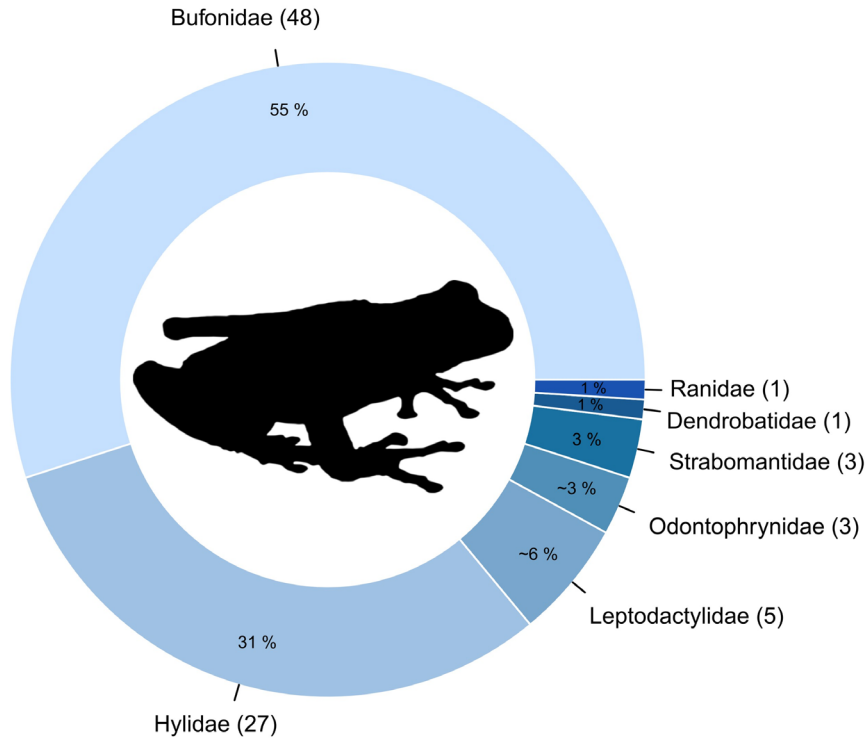


Figure 2. Number of records of anophthalmia in anuran families present in Latin America.

Figura 2. Número de registros de anoftalmia en familias de anuros presentes en Latinoamérica.

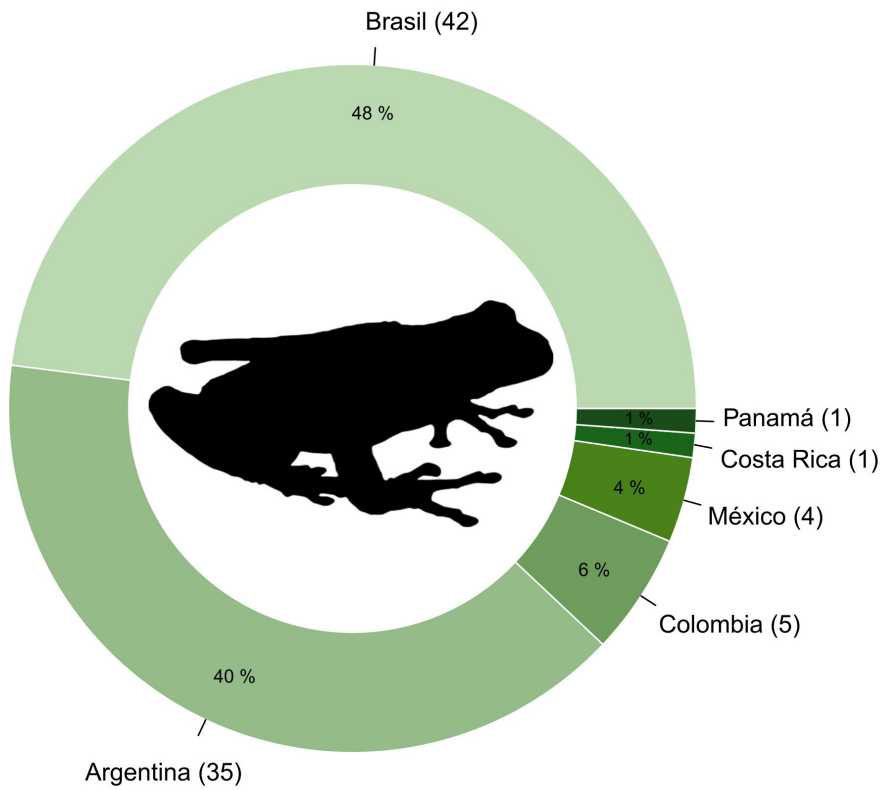


Figure 3. Number of anophthalmia records in anurans from Latin America.

Figura 3. Número de registros de anoftalmia en anuros de Latinoamérica.

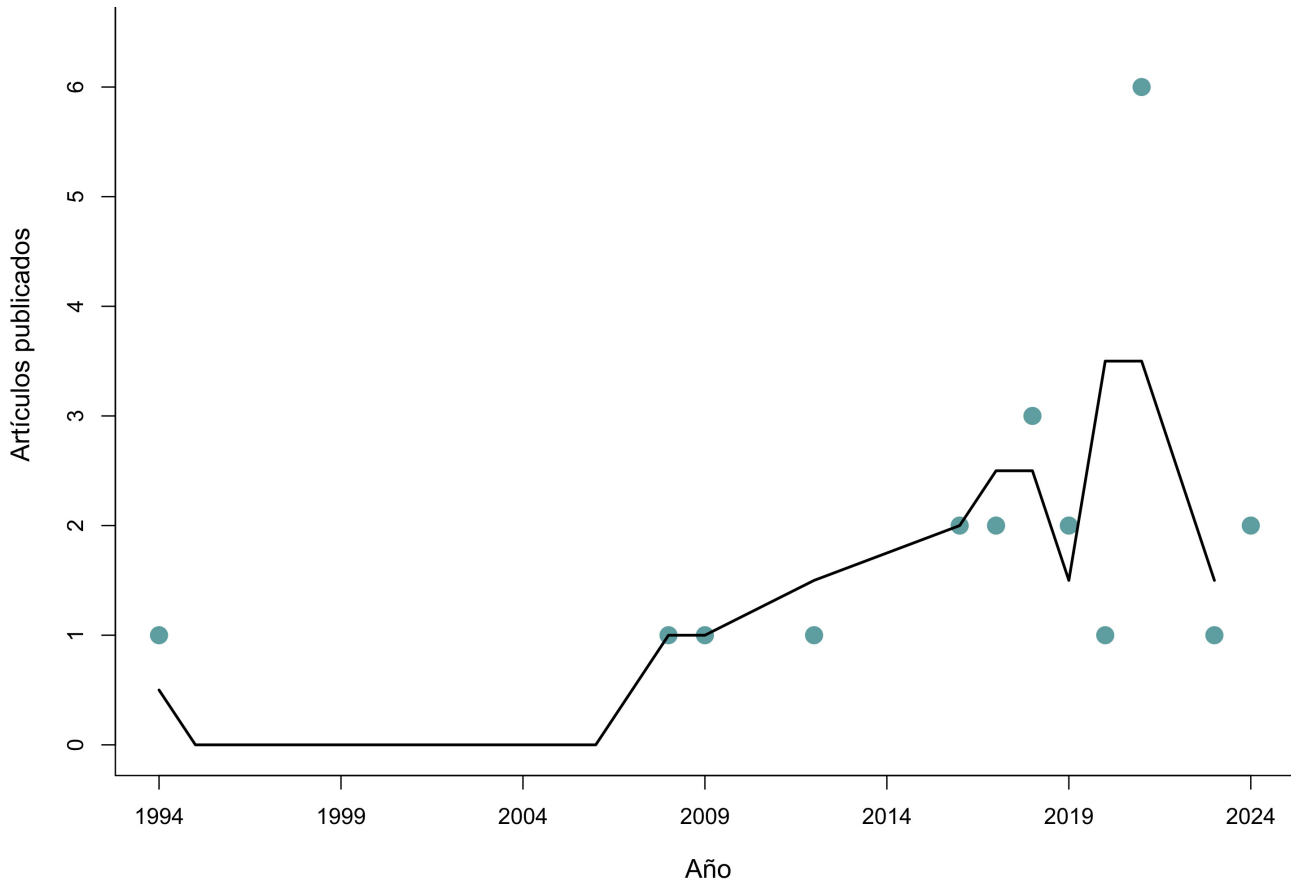


Figure 4. Temporal pattern of publications reporting anophthalmia in anurans for Latin America.

Figura 4. Patrón temporal de publicaciones que reportan anoftalmia en anuros para Latinoamérica.

cultivos destinados a prácticas académicas, situados cerca de donde se encontró el espécimen (Pineda-Infante, obs. pers.). Los diferentes agroquímicos utilizados en estas prácticas, se aplican en forma de polvo sobre las plantas para controlar la proliferación de diferentes plagas. En este sentido, hipotetizamos que estas partículas se puedan estar propagando por corrientes de viento (Gupta Vakil et al., 2022), entrando en contacto con cuerpos de agua y afectando directamente el desarrollo de los individuos (Guevara-Molina et al., 2017). Un dato adicional que podría apoyar esta hipótesis, es la ocurrencia de otras anomalías anatómicas encontradas en esta población de *Leucostethus aff. fraterdanieli* como microftalmia o polifalangia (Meteyer, 2000; Espitia-Sanabria & Cortés-Gallo, obs. pers.).

En general, los reportes de casos de anoftalmia en anuros para Latinoamérica son escasos en comparación a otras regiones del mundo (ver Figura 2 en Henle et al., 2017). Esta región contiene siete hotspots de anomalías reconocidos previamente (Henle et al., 2017), destacando países como Argentina y Brasil. Estos

países también presentan el mayor número de casos registrados de anoftalmia en anuros (Apéndice 1). Esto es posiblemente debido a que son los países con mayor producción científica en América Latina (González-Parías et al., 2022) y un mayor número de investigadores activos; lo que implicaría mayor probabilidad de encuentros con esta anomalía. Por otro lado, el único pico de registros de anoftalmia encontrado en este trabajo estuvo presente en el año 2021 (Fig. 4). Esto podría estar relacionado con la pandemia del COVID 19 (SARS-CoV-2), situación que pudo llevar a muchos investigadores a publicar estos casos fortuitos que de otro modo podrían haber pasado desapercibidos.

A pesar de que el registro de anomalías en la etapa larval en algunas poblaciones de anfibios suele ser más frecuente que en los adultos (Bacon et al., 2013), la mayoría de los casos de anoftalmia encontrados en esta revisión fueron reportados en esta última etapa (e.g., Carvalho et al., 2008; Aréchaga Ocampo & Roa Mata, 2022). Existe evidencia de que las anomalías presentes en individuos que superan la metamorfosis son menos

evidentes en comparación con sus contrapartes larvales (Bacon et al., 2013). Posiblemente esta sea la razón de la baja tasa de reportes de esta anomalía para adultos afectados. Sin embargo, no descartamos la idea que estas larvas anómalas experimenten mayores tasas de depredación por su condición, resultando en muy pocos adultos afectados.

En esta revisión se encontraron algunas causas potenciales asociadas a la anoftalmia reportadas por diferentes autores en Latinoamérica. A continuación, se presenta una breve discusión de cada una de ellas:

Agroquímicos

Los agroquímicos son conocidos por afectar a los anuros en etapas tempranas de desarrollo (Gurushankara et al., 2007; Agostini et al., 2013; Wagner et al. 2017; Borges et al., 2019) y por provocar daños genéticos (Rudek & Rozek, 1992; Vera Candiotti et al., 2010) que pueden resultar en anomalías como la anoftalmia (Blaustein & Johnson, 2003). En Latinoamérica son la principal causa potencial asociada con los casos de anoftalmia registrados en anuros (e.g., Carezzano et al., 2016; Sierra-Serrano et al., 2023), esto podría deberse al aumento en el uso de agroquímicos, como pesticidas y herbicidas, desde la década de los 90's hasta la actualidad; algunos países como Argentina, Belice, Brasil y Ecuador figuran entre los 10 países con mayor uso de estos agroquímicos (FAO, 2022).

A pesar de esto, en apenas un trabajo se ha comprobado la asociación entre la anoftalmia y el uso de agroquímicos (Guerra & Araújo, 2016), por lo que se requieren estudios adicionales que confirmen su presencia en los lugares donde se han reportado los casos (e.g., Carezzano et al., 2016; Cortés-Suárez, 2018) y de experimentos que corroboren dicha asociación, particularmente en ambientes acuáticos donde, según Sousa y Costa-Campos (2017), los agroquímicos pueden afectar en gran medida el desarrollo de los anuros.

Hibridación

La hibridación puede inducir a una variedad de anomalías morfológicas en anuros dentro de las cuales se encuentra la anoftalmia (Mable & Rye, 1992; Christiansen et al., 2005). En Latinoamérica, apenas un estudio ha asociado la hibridación con la anoftalmia (Rengel et al., 1994). Aunque no se ha confirmado directamente esta asociación, se conoce que este factor influye directamente en la sobreexpresión de algunos genes durante la transdiferencia (TD) entre la córnea y el lente en la formación de la retina en los ojos (Mizuno et al., 1999; Cannata et al., 2003; Medina-Martínez et al., 2005; Henry et al., 2022), lo que podría resultar en este tipo de anomalía. Otra posible relación

la podemos encontrar en el gen Pax-6, el cual se expresa durante el desarrollo temprano del ojo en los tejidos oculares de todos los vertebrados, controlando una serie de pasos críticos en la formación del ojo (Graw, 1996; Chow et al., 1999; Mathers & Jamrich, 2000). En algunos estudios se ha demostrado que a través de la hibridación experimental de anuros es posible afectar directamente este gen que, a su vez, se encuentra fuertemente relacionado con anomalías oculares como la anoftalmia (Hever et al., 2006; Filoni, 2009; Matías-Pérez et al., 2017). Esta posible relación entre la hibridación y la anoftalmia en anuros debe ser tomada con cuidado y explorada con mayor profundidad para corroborar si la sobreexpresión de estos genes relacionados con el desarrollo del ojo está involucrada completamente.

Endogamia

La endogamia también se ha propuesto como posible causa de la anoftalmia en anfibios, aunque no se ha logrado comprobar como un mecanismo causal (Williams et al., 2008). Cuantificar la depresión endogámica en poblaciones naturales es notoriamente difícil (Keller & Waller, 2002; Caballero et al., 2021), lo que impide asociarla como causa de esta anomalía. A pesar de esto, algunos autores la proponen como causa principal de los casos de anoftalmia presentes en poblaciones pequeñas y aisladas de *Itapotihyla langsdorfii* e *Isthmohyla graceae* en Brasil y Panamá, respectivamente (De Azevedo & Leivas, 2021; Morales-Flores et al., 2021). Sin embargo, es necesario confirmar dicha asociación y evaluar si la depresión endogámica tiene mayores efectos en poblaciones aisladas de anuros.

Mutaciones

Mutaciones en los genes Pax-6 (Glaser et al., 1994; Verma & FitzPatrick, 2007) y RAX (Voronina et al., 2004; Verma & FitzPatrick, 2007) se han asociado con diferentes anomalías oculares incluida la anoftalmia en anfibios (Fish et al., 2014; Nakayama et al., 2015). En Latinoamérica, este factor se ha propuesto como una posible causa de anoftalmia en *Odontophrynus carvalhoi* y *Scinax fuscovarius* presentes en Brasil (Brito et al., 2011; Sánchez-Domene et al., 2018), sin embargo, como la evidencia es limitada, es crucial confirmar esta asociación. Estudios que apunten a determinar el gen o genes involucrados, nos ayudarían a comprender los procesos subyacentes que conllevan a la anoftalmia en anuros y cómo otros factores responsables de mutaciones (e.g., agroquímicos y radiación UV-B) favorecen la aparición de esta anomalía.

Radiación ultravioleta (UV-B)

La radiación UV-B ha sido catalogada como una causa potencial de disminución de la población de anfibios y aumento de la incidencia de anomalías (Blaustein et al., 1995; Blaustein

& Johnson, 2003). En el caso reportado de *Smilisca baudinii* en México, las causas probables consideraron a la radiación ultravioleta, sin mayor detalle (Hernández-Jaúregui & Chacón-Juárez, 2021). Se tiene evidencia de la relación entre el aumento de la radiación UV-B, la disminución de poblaciones de anfibios y un aumento considerable en la tasa de anomalías en anfibios alrededor del mundo (Middleton et al., 2001; Henle et al., 2017). Este hecho es preocupante y resalta una amenaza inmediata para las poblaciones de anfibios, ya que estos efectos podrían ser intensificados por acción del cambio climático acelerado (Forster et al., 2024). En un escenario futuro, podríamos hablar de un aumento en el porcentaje de anomalías presentes en poblaciones naturales (> 5 %) (Blaustein & Johnson, 2003) o anomalías más severas.

Minería

La contaminación por metales pesados se ha asociado con diferentes tipos de anomalías en anuros (Flyaks & Borkin, 2004; Bacon et al., 2013), sin embargo, hasta donde sabemos, ningún trabajo ha logrado confirmar su asociación con casos de anoftalmia. En Latinoamérica, sólo un trabajo sugirió que la anoftalmia presentada por un individuo de *Smilisca baudinii* en México se podía deber a alteraciones previas causadas por actividad minera (Aréchaga Ocampo & Roa Mata, 2022). Se requieren estudios que confirmen esta asociación, como se ha hecho en otros vertebrados como peces (e.g., Weis & Weis, 1977) y reptiles (e.g., Simonello et al., 2014). También sería interesante evaluar los efectos sinérgicos entre los contaminantes químicos derivados de las actividades mineras junto a variables como la radiación UV-B y su relación con la aparición de la anoftalmia en anuros. Se sugiere que estas dos variables en conjunto pueden inducir anomalías en otras áreas del cuerpo por medio de la fotoactivación de algunos contaminantes químicos (Bacon et al., 2013).

Ausencia congénita

Cuando no hay hibridación y las causas de la anoftalmia no se pueden asociar con la presencia de agroquímicos u otro factor potencial en el ambiente, algunos autores proponen causas congénitas (Mitchell & Georgel, 2005; Ramalho et al., 2017). Este factor lo proponen como causa principal de los casos presentes en dos individuos de la especie *Boana fasciata* y en un individuo de *Osteocephalus lepreurii* en Brasil (Ramalho et al., 2017). Sin embargo, no descartaron completamente otras causas como la degradación ambiental y enfermedades infecciosas. Esta causa potencial se encuentra asociada estrechamente a la tasa natural de mutación de los organismos, por lo que se requieren estudios adicionales que confirmen su asociación con la anoftalmia.

Implicaciones ecológicas de la anoftalmia

La mayoría de los casos encontrados en esta revisión son observaciones accidentales que no proporcionan información sobre las implicaciones de esta anomalía para la supervivencia de los anuros. Dado que las consecuencias aún no se comprenden completamente, presentamos una pequeña discusión preliminar sobre el tema. La visión es uno de los sentidos más importantes para los anuros en todas las etapas de desarrollo, y su pérdida puede impactar negativamente su historia de vida (Ingle, 1976). Algunos trabajos sugieren que la limitación en el campo visual no parece comprometer la capacidad de búsqueda de pareja, pues la aparición de algunos amplexos con individuos en estas condiciones es algo común, por lo menos en zonas insulares donde la tasa de depredación es más baja en comparación al continente (Bacon et al., 2006; Toledo & Ribeiro, 2009). Sin embargo, otros aspectos como las estrategias de forrajeo pueden verse levemente afectadas y acarrear efectos negativos sobre los individuos. Existe evidencia de cómo los individuos afectados (de forma parcial o total) pueden recurrir a otros sentidos para localizar a sus presas. Por ejemplo, Tolledo y Toledo (2015) registraron un cambio comportamental (y su reflejo en la composición de la dieta) en *Rhinella diptycha*, que pasó de ser un forrajeador activo y nocturno, a comportarse como un forrajeador pasivo (estrategia sit-and-wait) orientado por señales táctiles, cuando se encontraban privados de la visión por una anomalía. La estrategia de forrajeo pasivo impidió a los individuos depredar una adecuada cantidad de presas, disminuyendo su condición corporal y esfuerzo reproductivo (Tolledo & Toledo, 2015). En futuros trabajos sería interesante evaluar qué otros cambios a nivel ecológico o comportamental podrían exhibir los individuos afectados por la anoftalmia y cómo éstos repercuten a nivel individual y/o poblacional.

CONCLUSIÓN

A grandes rasgos, la anoftalmia no parece constituir una amenaza particularmente grave para los anuros, no obstante, desconocemos su efecto en muchos otros aspectos de la historia de vida de las especies tales como su capacidad de dispersión, comportamiento antidepredatorio, elección de sitios de oviposición, entre otras. Los reportes de anoftalmia han aumentado en los últimos años en Latinoamérica, pero sin mayor información relacionada a las causas reales que conllevan a esta anomalía. En general, se tiene registro de algunos documentos acerca de la anoftalmia en anuros, siendo Brasil y Bufonidae, el país y la familia, respectivamente, con el mayor número de casos reportados. Es importante resaltar la necesidad de realizar investigaciones más profundas, destinadas a documentar la prevalencia de estas anomalías en poblaciones

naturales de anuros, enfatizando en aquellos reportes en especies amenazadas (Morales-Flores et al., 2021; Bland & McLaren, 2023). Si la anoftalmia constituye una amenaza para los anuros, se debería considerar su importancia en la formulación de futuros planes o estrategias de conservación.

Agradecimientos.– Agradecemos al Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas (MHN-UCa) por permitirnos depositar tan importante registro en su colección de anfibios.

LITERATURA CITADA

- Agostini, M.G., F. Kacoliris, P. Demetrio, G.S. Natale, C. Bonetto & A.E. Ronco. 2013. Abnormalities in amphibian populations inhabiting agroecosystems in northeastern Buenos Aires Province, Argentina. *Diseases of Aquatic Organisms* 104:163-171.
- Aguirre-León, G. 2011. Métodos de estimación, captura y contención de anfibios y reptiles. Pp. 63-84. En S. Gallina & C. López-González (Eds.), *Manual de técnicas para el estudio de la fauna*. Universidad Autónoma de Querétaro, Instituto de Ecología, A.C. Querétaro, México.
- Aréchaga Ocampo, S. & M.F. Roa Mata. 2022. *Smilisca baudinii* (Mexican Treefrog). Anophthalmia. *Herpetological Review* 53:111.
- Ascoli-Morrete, T., E. Signor, M. Santos-Pereira & N. Zanella. 2019. Morphological abnormalities in anurans from southern Brazil. *Austral Ecology* 44:1025-1029.
- Bacon, J.P., D.W. Linzey, R.L. Rogers & D.J. Fort. 2006. Deformities in cane toad (*Bufo marinus*) populations in Bermuda: Part I. Frequencies and distribution of abnormalities. *Applied Herpetology* 3:39-65.
- Bacon, J.P., C.E. Fort, B. Todhunter, M. Mathis & D.J. Fort. 2013. Effects of multiple chemical, physical, and biological stressors on the incidence and types of abnormalities observed in Bermuda's cane toads (*Rhinella marina*). *Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution* 320:218-237.
- Bland, A.W. & E.J. McLaren. 2023. Unilateral anophthalmia in a recently metamorphosed blue-sided leaf frog *Agalychnis annae* in Costa Rica. *The Herpetological Bulletin* 164:41-42.
- Blaustein, A.R. & P.T. Johnson. 2003. The complexity of deformed amphibians. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1:87-94.
- Blaustein, A.R., B. Edmond, J.M. Kiesecker, J.J. Beatty & D.G. Hokit. 1995. Ambient ultraviolet radiation causes mortality in salamander eggs. *Ecological Applications* 5:740-743.
- Borges, R.E., L.R. de Souza Santos, R.A. Assis, M. Benvindo-Souza, L. Franco-Belussi & C. de Oliveira. 2019. Monitoring the morphological integrity of neotropical anurans. *Environmental Science and Pollution Research* 26:2623-2634.
- Brassaloti, R.A. & J. Bertoluci. 2018. A case of bilateral anophthalmia in an adult *Boana faber* (Anura: Hylidae) from southeastern Brazil. *Phyllomedusa* 17:285-288.
- Brito, L., F. Aguiar & P. Cascon. 2011. *Odontophrynus carvalhoi* (Carvalho's escuerzo): Malformation. *Herpetological Bulletin* 118:38-40.
- Burton, E.C., D.L. Miller, E.L. Styer & M.J. Gray. 2008. Amphibian ocular malformation associated with frog virus 3. *The Veterinary Journal* 177:442-444.
- Caballero, A., B. Villanueva & T. Druet. 2021. On the estimation of inbreeding depression using different measures of inbreeding from molecular markers. *Evolutionary Applications* 14:416-428.
- Cannata, S.M., E. Arresta, S. Bernardini, C. Gargioli & S. Filoni. 2003. Tissue interactions and lens-forming competence in the outer cornea of larval *Xenopus laevis*. *Journal of Experimental Zoology Part A: Comparative Experimental Biology* 299:161-171.
- Carezzano, F.J., K. Dorfinger & S.P. Urquiza Bardone. 2016. Anoftalmia en *Leptodactylus latrans* (Steffen, 1815) (Anura: Leptodactylidae) de un agroecosistema de Argentina. *Revista Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 3:101-103.
- Carvalho, V.T., S.M. Novelle, L.P. Lopes, R.C. Vogt, R. Arruda & M.E. Oliveira. 2008. *Sphaenorhynchus dorisae* (Spotted Hatchet-faced Treefrog). Ocular anomaly. *Herpetological Review* 39:211-212.
- 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.
- Cheong, S.W., A. Fukui, M. Asashima & C.J. Pfeiffer. 2000. Spontaneous thyroid-containing teratoma associated with impaired development in the African clawed frog, *Xenopus laevis*. *Journal of Comparative Pathology* 123:110-118.



- Chow, R.L., C.R. Altmann, R.A. Lang & A. Hemmati-Brivanlou. 1999. *Pax6* induces ectopic eyes in a vertebrate. *Development* 126:4213-4222.
- Christiansen, D.G., K. Fog, B.V. Pedersen & J.J. Boomsma. 2005. Reproduction and hybrid load in all-hybrid populations of *Rana esculenta* water frogs in Denmark. *Evolution* 59:1348-1361.
- Cortés-Suárez, J.E. 2018. Anoftalmia en *Dendropsophus luddeckei* (Anura: Hylidae) en un agroecosistema pastoril de Villa de Leyva, Colombia. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 1:53-54.
- DeAzevedo, T.M. & P.T. Leivas. 2021. *Itapotihyla langsdorffii* (Ocellated Treefrog). Anophthalmia. *Herpetological Review* 52:372.
- de Souza, F.C., A.L.F. da Silva, C.S. Dos Anjos, T.F. Estevinho, M. de Oliveira Lisboa & M. Menin. 2021. New anomaly records in anurans, with a review for Brazil. *Herpetology Notes* 14:31-41.
- Dias, P.D.S. & A.M.P. Carvalho-e-Silva. 2012. Records of abnormalities in *Proceratophrys appendiculata* (Günther, 1873) (Anura; Cycloramphidae; Alsodinae). *Herpetology Notes* 5:97-199.
- FAO. 2022. Pesticides Use, Pesticides Trade and Pesticides Indicators – Global, Regional and Country Trends, 1990–2020. FAOSTAT. <https://www.fao.org/cc0918en/cc0918en.pdf> [Consultado en septiembre 2022].
- Filoni, S. 2009. Retina and lens regeneration in anuran amphibians. *Seminars in Cell & Developmental Biology* 20:528-534.
- Fish, M.B., T. Nakayama, M. Fisher, N. Hirsch, A. Cox, R. Reeder & R.M. Grainger. 2014. *Xenopus* mutant reveals necessity of *rax* for specifying the eye field which otherwise forms tissue with telencephalic and diencephalic character. *Developmental Biology* 395:317-330.
- Fite, K.V., A. Blaustein, L. Bengston & H.E. Hewitt. 1998. Evidence of retinal light damage in *Rana cascadae*: a declining amphibian species. *Copeia* 4:906-914.
- Flyaks, N.L. & L.J. Borkin. 2004. Morphological abnormalities and heavy metal concentrations in anurans of contaminated areas, eastern Ukraine. *Applied Herpetology* 1:229-264.
- Forster, P.M., C. Smith, T. Walsh, W.F. Lamb, R. Lamboll, B. Hall, M. Hauser, A. Ribes, D. Rosen, N.P. Gillett, M.D. Palmer, J. Rogelj, K. von Schuckmann, B. Trewin, M. Allen, R. Andrew, R.A. Betts, A. Borger, T. Boyer, J.A. Broersma, C. Buontempo, S. Burgess, C. Cagnazzo, L. Cheng, P. Friedlingstein, A. Gettelman, J. Gütschow, M. Ishii, S. Jenkins, X. Lan, C. Morice, J. Mühle, C. Kadow, J. Kennedy, R.E. Killick, P.B. Krumme, J.C. Minx, G. Myhre, V. Naik, G.P. Peters, A. Pirani, J. Pongratz, C. Schleussner, S.I. Seneviratne, S. Szopa, P. Thorne, M.V.M. Kivilakam, E. Majamäki, J. Jalkanen, M. van Marle, R.M. Hoesly, R. Rohde, D. Schumacher, G. van der Werf, R. Vose, K. Zickfeld, X. Zhang, V. Masson-Delmotte & P. Zhai. 2024. Indicators of Global Climate Change 2023: annual update of key indicators of the state of the climate system and human influence. *Earth System Science Data* 16:2625-2658.
- Frost, D.R. 2024. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.2. Electronic Database accessible at <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA. [Consultado en mayo 2024]
- Ganesh, S.R. & M. Arumugam. 2015. Natural history and distribution notes on the Sreeni's golden frog (*Indosylvirana sreeni*) in the southern eastern Ghats, peninsular India. *Alytes* 32:59-65.
- Glaser, T., L. Jepeal, J.G. Edwards, S.R. Young, J. Favor & R.L. Maas. 1994. *PAX6* gene dosage effect in a family with congenital cataracts, aniridia, anophthalmia and central nervous system defects. *Nature Genetics* 7:463-471.
- González-Parias, C.H., J.A. Londoño-Arias & W.A. Giraldo-Mejía. 2022. Evolución de la producción científica en América Latina indexada en Scopus 2010-2021. *Bibliotecas. Anales de Investigacion* 18:1-14.
- Gobel, N., G. Laufer, N. Kacevas, M. Carabio, R. Merni, A. Rosano, F. Mendieta, G. Pineda & F. Bergós. 2022. Morphological abnormalities in amphibians in and adjacent to Esteros de Farrapos e Islas del Río Uruguay National Park, Uruguay. *Herpetological Conservation and Biology* 17:573-581.
- Graw, J. 1996. Genetic aspects of embryonic eye development in vertebrates. *Developmental genetics* 18:181-197.
- Guerra, C. & E. Aráoz. 2016. Amphibian malformations and body condition across an agricultural landscape of northwest Argentina. *Diseases of Aquatic Organisms* 121:105-116.
- Guevara-Molina, S.C., E.L. Benitez-Cubillos & C.A. Londoño-Guarnizo. 2017. *Colostethus fraterdanieli* Silverstone, 1971. *Catálogo de Anfibios y Reptiles de Colombia* 3:14-19.



- Gupta Vakil, S., S. Biswas, D. Snow & J. Wu-Smart. 2022. Targeted Method for Quantifying Air-Borne Pesticide Residues from Conventional Seed Coat Treatments to Better Assess Exposure Risk During Maize Planting. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 109:1051-1058.
- Gurushankara, H.P., S.V. Krishnamurthy & V. Vasudev. 2007. Morphological abnormalities in natural populations of common frogs inhabiting agroecosystems of central Western Ghats. *Applied Herpetology* 4:39-45.
- Henle, K., A. Dubois & V. Vershinin. 2017. Studies on anomalies in natural populations of amphibians. *Mertensiella* 25:57-164.
- Henry, C.R., M. Shah, M.R. Barakat, P. Dayani, R.C. Wang, R.N. Khurana & T. Ciulla. 2022. Suprachoroidal CLS-TA for non-infectious uveitis: an open-label, safety trial (AZALEA). *British Journal of Ophthalmology* 106:802-806.
- Hernández-Jaúregui, M. & F. Chacón-Juárez. 2021. *Smilisca baudinii* (Mexican Treefrog). Anophthalmia. *Herpetological Review* 52:839.
- Hernández-Vázquez, M.E., M.A. García-Jiménez & R. Montejó-Hernández. 2023. Anomalies in three species of anurans in Chiapas, Mexico. *Reptiles & Amphibians* 30:e20113.
- Hever, A.M., K.A. Williamson & V. Van Heyningen. 2006. Developmental malformations of the eye: the role of PAX6, SOX2 and OTX2. *Clinical Genetics* 69:459-470.
- Ingle, D. 1976. Spatial vision in anurans. Pp. 119-140. En K.V. Fite (Eds.), *The amphibian visual system: a multidisciplinary approach*. New York Academic Press, Inc, USA.
- 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.
- Keller L.F. & D.M. Waller. 2002. Inbreeding effects in wild populations. *Trends in Ecology & Evolution* 17:230-241.
- Lannoo, M. 2008. *Malformed frogs: The collapse of aquatic ecosystems*. University of California Press, Berkeley, USA.
- Mable, B.K. & L.A. Rye. 1992. Developmental abnormalities in triploid hybrids between tetraploid and diploid tree frogs (genus *Hyla*). *Canadian Journal of Zoology* 70:2072-2076.
- Mantecca, P., M. Gualtieri, M. Andrioletti, R. Bacchetta, C. Vismara, G. Vailati & M. Camatini. 2007. Tire debris organic extract affects *Xenopus* development. *Environment International* 33:642-648.
- Mathers, P.H. & M. Jamrich. 2000. Regulation of eye formation by the *Rx* and *pax6* homeobox genes. *Cellular and Molecular Life Sciences CMLS* 57:186-194.
- Matías-Pérez, D., I.A. García-Montalvo & J.C. Zenteno. 2017. Genes related to inherited microphthalmia and anophthalmia. *Gaceta Médica de México* 153:746-751.
- Medina-Martinez, O., I. Brownell, F. Amaya-Manzanares, Q. Hu., R.R. Behringer & M. Jamrich. 2005. Severe defects in proliferation and differentiation of lens cells in *Foxe3* null mice. *Molecular and cellular biology* 25:8854-8863.
- Meteyer, C.U. 2000. Field guide to malformation of frogs and toads with radiographic interpretations. *Biological Science Report USGS/BRD/BSR-2000-0005*, USA.
- Middleton, E.M., J.R. Herman, E.A. Celarier, J.W. Wilkinson, C. Carey & R.J. Rusin. 2001. Evaluating ultraviolet radiation exposure with satellite data at sites of amphibian declines in Central and South America. *Conservation Biology* 15:914-929.
- Mitchell, J.C. & C.T. Georgel. 2005. Anophthalmia in an upland chorus frog (*Pseudacris feriarum feriarum*) from southeastern Virginia. *Banisteria* 25:53-54.
- Mizuno, N., M. Mochii, T.S. Yamamoto, T.C. Takahashi, G. Eguchi & T.S. Okada. 1999. *Pax-6* and *Prox 1* expression during lens regeneration from *Cynops* iris and *Xenopus* cornea: evidence for a genetic program common to embryonic lens development. *Differentiation* 65:141-149.
- Morales-Flores, R.A., K. Muñoz-Arosemena, R.X. Pérez & J.L. Medina-Madrid. 2021. Primer reporte de anoftalmia en *Isthmohyla graceae* (Myers & Duellman, 1982) (Anura: Hylidae) en la Serranía de Tabasará, Comarca Ngäbe-Buglé, Panamá. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 4:165-172.
- Nakayama, T., M. Fisher, K. Nakajima, A.O. Odeleye, K.B. Zimmerman, M.B. Fish & R.M. Grainger. 2015. *Xenopus pax6* mutants affect eye development and other organ systems, and have phenotypic similarities to human aniridia patients. *Developmental Biology* 408:328-344.
- Olivera, L.A., J. Julio-Dávila, M. de Luna, O. Peña-Contreras & J. Alvis. 2024. First report of anophthalmia in Rivero's toad, *Rhinella*



- humboldti* (Gallardo 1965) (Anura: Bufonidae), in Colombia. *Reptiles & Amphibians* 31:e21348.
- Pedroso-Santos, F., P.R. Sanches, J.C. Sousa & C.E. Costa-Campos. 2020. Anomalies in amphibians from the eastern Amazon region. *Herpetological Bulletin* 153:22-25.
- Pedroso-Santos, F., I.L. Kaefer & C.E. Costa-Campos. 2024. Anomalies in three frog species from eastern Amazonia. *Acta Biológica Colombiana* 29:146-148.
- Ramalho, W.P., F. Maffei, V. Guerra, D.P. da Silva, L.R. de Matos & L.J. Vieira. 2017. Anophthalmia in adults of two Amazonian treefrogs (Anura: Hylidae). *The Herpetological Bulletin* 139:43-44.
- Rengel, D., A. Pisanó & D. Alonso. 1994. Anomalías oculares en híbridos *Bufo paracnemis* x *Bufo arenarum* (Anura: Bufonidae). *Cuadernos de Herpetología* 8:215-223.
- Roberts, C.D. & T.E. Dickinson. 2012. *Ribeiroia ondatrae* causes limb abnormalities in a Canadian amphibian community. *Canadian Journal of Zoology* 90:808-814.
- Rueda-Isaza, X., J.C. Carrillo-Restrepo, S. Saavedra-Porras, J.M. Martínez-Cerón & J.F. Diaz Nieto. 2024. DNA barcodes and diversity of amphibians and reptiles in agroecosystems of the Colombian Andes. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 7:24-47.
- Rudek, Z. & M. Rozek. 1992. Induction of micronuclei in tadpoles of *Rana temporaria* and *Xenopus laevis* by the pyrethroid Fastac 10 EC. *Mutation Research* 298:25-29.
- Sánchez-Domene, D., A. Navarro-Lozano, R. Acayaba, K. Picheli, C. Montagner, D. de Cerqueira Rossa-Feres & E.A. de Almeida. 2018. Eye malformation baseline in *Scinax fuscovarius* larvae populations that inhabit agroecosystem ponds in southern Brazil. *Amphibia-Reptilia* 39:325-334.
- Sierra-Serrano, O., J.D. Jiménez-Bolaño, J.A. Zúñiga-Baos & H.D. Granda-Rodríguez. 2023. Anophthalmia in *Lithobates vaillanti* (Brocchi 1877) (Anura: Ranidae) in Colombia. *Reptiles & Amphibians* 30:e20097.
- Simoniello, P., F. Trinchella, S. Filosa, R. Scudiero, D. Magnani, T. Theil & C.M. Motta. 2014. Cadmium contaminated soil affects retinogenesis in lizard embryos. *Journal of Experimental Zoology* 321A:207-219.
- Sousa, J.C. & C.E. Costa-Campos. 2017. Records of ocular anomaly in two species of anurans in the eastern Amazon region. *Herpetology Notes* 10:413-415.
- Toledo, L.F. & R.S. Ribeiro. 2009. The Archipelago of Fernando de Noronha: An intriguing malformed toad hotspot in South America. *EcoHealth* 6:351-357.
- Toledo, L.F., O.G. Araújo, L.D. Guimarães, R. Lingnau & C.F. Haddad. 2007. Visual and acoustic signaling in three species of Brazilian nocturnal tree frogs (Anura, Hylidae). *Phyllomedusa* 6:61-68.
- Tolledo, J. & L.F. Toledo. 2015. Blind toads in paradise: the cascading effect of vision loss on a tropical archipelago. *Journal of Zoology* 296:167-176.
- IUCN. 2024. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2024-1. <https://www.iucnredlist.org>. [Consultado en septiembre 2024].
- Vera Candiotti, J., G.S. Natale, S. Soloneski, A.E. Ronco & M.L. Larramendy. 2010. Sublethal and lethal effects on *Rhinella arenarum* (Anura, Bufonidae) tadpoles exerted by the pirimicarb-containing technical formulation insecticide Afcida®. *Chemosphere* 78:249-255.
- Verma, A.S. & D.R. FitzPatrick. 2007. Anophthalmia and microphthalmia. *Orphanet Journal of Rare Diseases* 2:47.
- Voronina, V.A., E.A. Kozhemyakina, C.M. O'Kernick, N.D. Kahn, S.L. Wenger, J.V. Linberg & P.H. Mathers. 2004. Mutations in the human RAX homeobox gene in a patient with anophthalmia and sclerocornea. *Human Molecular Genetics* 13:315-322.
- Wagner, N., H. Müller & B. Viertel. 2017. Effects of a commonly used glyphosate-based herbicide formulation on early developmental stages of two anuran species. *Environmental Science and Pollution Research* 24:1495-1508.
- Weis, J.S. & P. Weis. 1977. Effects of heavy metals on development of the killifish, *Fundulus heteroclitus*. *Journal of Fish Biology* 11:49-54.
- Williams, R.N., D.H. Bos, D. Gopurenko & A. De Woody. 2008. Amphibian malformations and inbreeding. *Biology Letters* 4:549-552.



APÉNDICE

Apéndice 1. Especies de anuros con anoftalmia reportados en Latinoamérica. N = número de individuos. *=Documentos sin registro del número total de individuos con anoftalmia. Etapa: A = adultos; J = juveniles/ranas metamórficas; T = renacuajos. Tipo: u = unilateral; b = bilateral. Nombre de las especies siguiendo a Frost (2024). Categoría de amenaza (IUCN 2024): LC= Preocupación Menor; VU= Vulnerable; CR= Peligro Crítico. Documentos: 1= Rengel et al. (1994); 2= Carvalho et al. (2008); 3= Toledo & Ribeiro (2009); 4= Brito et al. (2011); 5= Dias & Carvalho-e-Silva (2012); 6= Carezzano et al. (2016); 7= Guerra & Araújo (2016); 8= Ramalho et al. (2017); 9= Sousa & Costa-Campos (2017); 10= Brassaloti & Bertoluci (2018); 11= Cortés-Suárez (2018); 12= Sánchez-Domene et al. (2018); 13= Ascoli-Morrete et al. (2019); 14= Borges et al. (2019); 15= Pedroso-Santos et al. (2020); 16= Castro-Torreblanca & Blancas-Calva (2021); 17= de Souza et al. (2021); 18= De Azevedo & Leivas (2021); 19= Hernández-Jaúregui & Chacón-Juárez (2021); 20= Morales-Flores et al. (2021); 21= Aréchaga Ocampo & Roa Mata (2022); 22= Hernández-Vázquez et al. (2023); 23= Bland & McLaren (2023); 24= Sierra-Serrano et al. (2023); 25= Pedroso-Santos et al. (2024); 26= Olivera et al. (2024); 27= Rueda-Isaza et al. (2024); 28 = Este estudio.

Appendix 1. Anuran species with anophthalmia reported in Latin America. N = number of individuals. *=Documents without record of the total number of individuals with anophthalmia. Stage: A = adults; J = juveniles/metamorphic frogs; T = tadpoles. Type: u = unilateral; b = bilateral. Species names following Frost (2024). Threat category (IUCN 2024): LC= Least Concern; VU= Vulnerable; CR= Critically Endangered. Documents: 1= Rengel et al. (1994); 2= Carvalho et al. (2008); 3= Toledo & Ribeiro (2009); 4= Brito et al. (2011); 5= Dias & Carvalho-e-Silva (2012); 6= Carezzano et al. (2016); 7= Guerra & Araújo (2016); 8= Ramalho et al. (2017); 9= Sousa & Costa-Campos (2017); 10= Brassaloti & Bertoluci (2018); 11= Cortés-Suárez (2018); 12= Sánchez-Domene et al. (2018); 13= Ascoli-Morrete et al. (2019); 14= Borges et al. (2019); 15= Pedroso-Santos et al. (2020); 16= Castro-Torreblanca & Blancas-Calva (2021); 17= de Souza et al. (2021); 18= De Azevedo & Leivas (2021); 19= Hernández-Jaúregui & Chacón-Juárez (2021); 20= Morales-Flores et al. (2021); 21= Aréchaga Ocampo & Roa Mata (2022); 22= Hernández-Vázquez et al. (2023); 23= Bland & McLaren (2023); 24= Sierra-Serrano et al. (2023); 25= Pedroso-Santos et al. (2024); 26= Olivera et al. (2024); 27= Rueda-Isaza et al. (2024); 28= This study.

Familia/Especies	N (Etapa)	Tipo	Ojo afectado	Causa determinada	Causa Potencial	País	Tipo de documento	IUCN	Documento
Bufonidae									
<i>Incilius occidentalis</i> (Camerano, 1879)	1 (J)	u	Derecho	Desconocida	Agroquímicos	México	Nota	LC	16
<i>Rhinella arenarum</i> (Hensel, 1867)	2		No especificado	Agroquímicos		Argentina	Artículo	LC	7
<i>Rhinella diptycha</i> (Cope, 1862)	5 (A)	u	Izquierdo	Desconocida	Desconocida	Brasil	Nota	LC	3
<i>Rhinella diptycha</i>	1 (J)	u	Derecho	Desconocida	Desconocida	Brasil	Nota	LC	3
<i>Rhinella diptycha</i>	3 (A)	u	Derecho	Desconocida	Desconocida	Brasil	Nota	LC	3
<i>Rhinella diptycha</i>	4 (A)	b		Desconocida	Desconocida	Brasil	Nota	LC	3
<i>Rhinella diptycha</i> ♂ x <i>Rhinella arenarum</i> ♀	30 (T)		No especificado	Hibridación		Argentina	Artículo	LC	1
<i>Rhinella humboldti</i> (Gallardo, 1965)	1 (A)	u	Izquierdo	Desconocida	Desconocida	Colombia	Nota	LC	26
<i>Rhinella proboscidea</i> (Spix, 1824)	1 (T)	u	Izquierdo	Desconocida	Desconocida	Brasil	Nota	LC	17
Dendrobatidae									
<i>Leucostethus</i> aff. <i>fraterdanieli</i>	1 (A)	u	Izquierdo	Desconocida	Agroquímicos	Colombia	Artículo		28
Hylidae									
<i>Agalychnis annae</i> (Duellman, 1963)	1 (J)	u	Derecho	Desconocida	Desconocida	Costa Rica	Nota	VU	23

Familia/Especies	N (Etapa)	Tipo	Ojo afectado	Causa determinada	Causa Potencial	País	Tipo de documento	IUCN	Documento
<i>Boana faber</i> (Wied-Neuwied, 1821)	1 (A)	b		Desconocida	Agroquímicos	Brasil	Nota	LC	10
<i>Boana fasciata</i> (Günther, 1858)	2 (A)	b		Desconocida	Congénita	Brasil	Nota	LC	8
<i>Boana punctata</i> (Schneider, 1799)	1 (J)	u	Izquierdo	Desconocida	Desconocida	Brasil	Nota	LC	18
<i>Dendropsophus malitor</i> (Schmidt, 1857)	1 (A)	u	Izquierdo	Desconocida	Desconocida	Colombia	Nota	LC	11
<i>Isthmohyla graceae</i> (Myers and Duellman, 1982)	1 (A)	u	Izquierdo	Desconocida	Endogamia	Panamá	Nota	CR	20
<i>Itapotihyla langsdorffii</i> (Duméril and Bibron, 1841)	1 (J)	u	Derecho	Desconocida	Endogamia	Brasil	Nota	LC	18
<i>Lysapsus bolivianus</i> Gallardo, 1961	1 (A)	u	Derecho	Desconocida	Agroquímicos	Brasil	Nota	LC	9
<i>Osteocephalus ieprieurii</i> (Duméril and Bibron, 1841)	1 (A)	b		Desconocida	Congénita	Brasil	Nota	LC	8
<i>Scinax fuscovarius</i> (Lutz, 1925)	13 (T)	u	No especificado	Desconocida	Mutaciones naturales	Brasil	Artículo	LC	12
<i>Smilisca baudinii</i> (Duméril and Bibron, 1841)	1 (J)	u	Derecho	Desconocida	Agroquímicos/ Radiación ultravioleta	México	Nota	LC	19
<i>Smilisca baudinii</i>	1 (A)	u	Izquierdo	Desconocida	Agroquímicos/ Minería	México	Nota	LC	21
<i>Smilisca baudinii</i>	1 (A)	u	Derecho	Desconocida	Agroquímicos/ Actividades antropogénicas	México	Nota	LC	22
<i>Sphaenorhynchus dorisae</i> (Goin, 1957)	1 (A)	b		Desconocida	Desconocida	Brasil	Nota	LC	2
Leptodactylidae									
<i>Leptodactylus fuscus</i> (Schneider, 1799)	1 (T)	u	Izquierdo	Desconocida	Agroquímicos	Brasil	Artículo	LC	14
<i>Leptodactylus latinasus</i> Jiménez de la Espada, 1875	1		No especificado	Agroquímicos		Argentina	Artículo	LC	7
<i>Leptodactylus luctator</i> (Hudson, 1892)	1 (J)	u	Izquierdo	Desconocida	Agroquímicos	Argentina	Nota	LC	6
<i>Leptodactylus mystaceus</i> (Spix, 1824)	1 (A)	u	Izquierdo	Desconocida	Desconocida	Brasil	Nota	LC	15
<i>Physalaemus aff. gracilis</i>			No especificado	Desconocida	Agroquímicos	Brasil	Nota	LC	13*
<i>Pleurodema borellii</i> (Peracca, 1895)	1		No especificado	Agroquímicos		Argentina	Artículo	LC	7

Familia/Especies	N (Etapa)	Tipo	Ojo afectado	Causa determinada	Causa Potencial	País	Tipo de documento	IUCN	Documento
Odontophrynidae									
<i>Odontophrynus americanus</i> (Duméril and Bibron, 1841)			No especificado	Desconocida	Agroquímicos	Brasil	Nota	LC	13*
<i>Odontophrynus carvalhoi</i> (Savage and Cei, 1965)	1	u	Izquierdo	Desconocida	Mutaciones naturales	Brasil	Nota	LC	4
<i>Proceratophrys appendiculata</i> (Günther, 1873)	1(T)	u	Derecho	Desconocida	Desconocida	Brasil	Nota	LC	5
<i>Proceratophrys boiei</i> (Wied-Neuwied, 1824)	1(A)	u	Izquierdo	Desconocida	Desconocida	Brasil	Nota	LC	17
Ranidae									
<i>Lithobates vaillanti</i> (Brocchi, 1877)	1(A)	u	Izquierdo	Desconocida	Agroquímicos	Colombia	Nota	LC	24
Strabomantidae									
<i>Pristimantis achatinus</i> (Boulenger, 1898)	1(A)	u	Derecho	Desconocida	Agroquímicos	Colombia	Artículo	LC	27
<i>Pristimantis chiastonotus</i> (Lynch and Hoogmoed, 1977)	1(A)		Izquierdo	Desconocida	Genética e imperfecciones del desarrollo	Brasil	Nota	LC	25
<i>Pristimantis gutturalis</i> (Hoogmoed, Lynch, and Lescure, 1977)	1(A)		Derecho	Desconocida	Genética e imperfecciones del desarrollo	Brasil	Nota	LC	25

PRIMER REGISTRO DE *PALEOSUCHUS TRIGONATUS* (CROCODYLIA: ALLIGATORIDAE) EN EL PIEDEMONTE LLANERO, SANTA MARÍA, BOYACÁ, COLOMBIA

FIRST RECORD OF *PALEOSUCHUS TRIGONATUS* (CROCODYLIA: ALLIGATORIDAE) IN THE EAST-ANDEAN FOOTHILLS, SANTA MARÍA, BOYACÁ, COLOMBIA

Giovanny A. Herrera-Pachon^{1,2,4*}, Viviana Pinilla-Ortigoza⁵, Laura Daniela Moreno Chiquizá^{2,3}, María Fernanda Niño Bernal^{2,4}, Camilo Andrés Arias Gil^{2,4} & Sergio A. Balaguera-Reina^{3*}

¹Semillero de Evolución y Conservación (SEC), Facultad de Ciencias Aplicadas, Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá, Colombia.

²Semillero de investigación en Biogeografía y Ecología Evolutiva Neotropical (BEEN), Facultad de Ciencias y Educación, Bogotá, Colombia.

³Grupo de investigación biodiversidad para la sociedad, Dirección Académica, Universidad Nacional de Colombia, Sede de La Paz, La Paz, Cesar, 202017, Colombia.

⁴Grupo de investigación Biotecnología y Medio Ambiente, Departamento de Biología, Universidad INCCA de Colombia, Bogotá, Colombia.

⁵Colección de Herpetología, Museo de Historia Natural Universidad Distrital (MHNUD), Bogotá, Colombia.

⁶Department of Wildlife Ecology and Conservation, Fort Lauderdale Research and Education Center, University of Florida, Fort Lauderdale, 33328, USA.

*Correspondencia: est.giovanny.herrera@unimilitar.edu.co

Received: 2024-09-05. Accepted: 2024-11-27. Published: 2024-03-10.

Editor: Pierre Charruau, México.

Paleosuchus trigonatus (Schneider, 1801), conocido comúnmente como cachirre, caimán de frente lisa o caimán enano es una de las especies de crocodylianos más pequeñas del mundo, con una longitud total (LT) máxima en machos de 226 cm y en hembras de 160 cm (Medem, 1981). Habita caños torrentosos, áreas pantanosas y zonas inundadas con cobertura vegetal densa en Sudamérica en las cuencas de la Orinoquia y la Amazonia de Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Guyana Francesa, Perú, Surinam y Venezuela, en un rango altitudinal que va de los 0 a 1,300 m s.n.m. (Campos et al., 2019a). En Colombia, esta especie ocupa pozos remanentes en zonas bajas, generalmente asociados a bosques de galería en la Orinoquia, así como aguas corrientosas en la Amazonía (Medem, 1981). Sin embargo, no se disponen de registros específicos sobre la distribución altitudinal de la especie en el país.

El área de distribución conocida para *P. trigonatus* en Colombia, de acuerdo con lo reportado por la IUCN (Campos et al., 2019b) comprende una extensión de 495,924 km² (Naranjo, 1996) y se encuentra en las cuencas del Orinoco y Amazonas (Medem, 1981; Rodríguez, 2000), en las subcuencas del Apaporis, Caquetá, Miriti-Paraná, Putumayo y Vaupés, para la cuenca del Amazonas; y las subcuencas de Cinaruco, Inírida, Guaviare, Meta y Vichada, para la cuenca del Orinoco (Medem, 1981; Lugo, 2013).

A partir de los reportes realizados por la comunidad de la Vereda Ceiba Grande, del municipio de Santa María, Boyacá (Fig. 1), se realizaron dos salidas de campo para confirmar la presencia de *P. trigonatus* en la zona. Según lo reportado por la comunidad, la observación de esta especie siempre ha sido recurrente en la vereda. El 12 de noviembre de 2022 se observó un individuo juvenil al borde de un bosque de galería, el cual no logró ser capturado por las difíciles condiciones de acceso a la zona donde se realizó la observación.

El 24 de febrero de 2023 se capturó un macho adulto de *P. trigonatus* en inmediaciones de la vereda Ceiba Grande, en una quebrada rodeada por bosque de galería (4.8083245° N, 73.2443811° W, WGS84, 1,131 m s.n.m.; Figs. 1 y 2), de 139 cm de largo total (LT). El individuo fue marcado siguiendo a Barahona (1996), para lo cual fue necesaria la extracción de una escama caudal. El tejido se encuentra en la colección José Ricardo Cure Hakim de la Universidad Militar Nueva Granada con el código GAHP_002. El trabajo de campo se realizó bajo el permiso marco de Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Investigación Científica No Comercial otorgado a la Universidad Militar Nueva Granada mediante Resolución 1198 del 15 de octubre de 2014 otorgado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

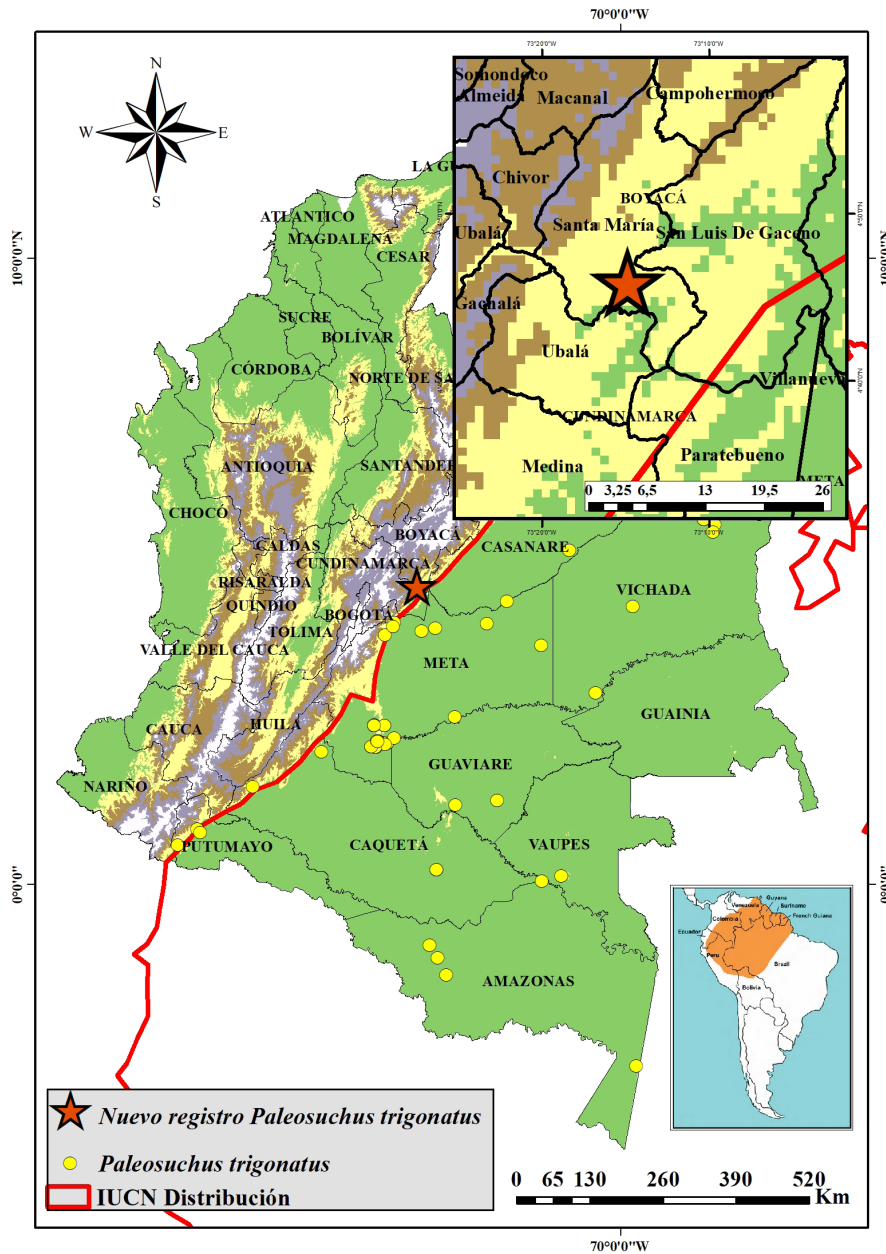


Figure 1. *Paleosuchus trigonatus* distribution map in Colombia. The orange star represents the new locality recorded for the species. Occurrence data for the species was downloaded from the Global Biodiversity Information Facility (GBIF). Prepared by Giovanni A. Herrera-Pachon and Sergio A. Balaguera-Reina.

Figura 1. Distribución de *Paleosuchus trigonatus* en Colombia. La estrella naranja representa la nueva localidad registrada para la especie. Los registros de ocurrencia de la especie fueron descargados del Global Biodiversity Information Facility (GBIF). Elaborado por Giovanni A. Herrera-Pachon y Sergio A. Balaguera-Reina.

La identificación taxonómica como *Paleosuchus trigonatus* siguió a Medem (1981) y Seijas (2007), el espécimen (Fig. 3) presenta una fila de escamas postoccipitales, hocico estrecho y recto, y dos escamas en la hilera dorsal sacra (versus *P. palpebrosus* que presenta dos filas de escamas postoccipitales, hocico ancho y curvo, y cuatro escamas en la hilera dorsal sacra).

Esta observación corresponde al primer registro de *P. trigonatus* el municipio de Santa María, Boyacá, así como en el

pedemonte llanero, y congruente con los límites de distribución de la especie en municipios aledaños del departamento de Casanare (Angarita-Sierra et al., 2013; Muñoz-Saba et al., 2019). Este nuevo registro amplía el rango de ocurrencia de la especie propuesto por la IUCN (Campos et al., 2019b). Este registro representa el rango altitudinal más alto para la especie en Colombia (1,131 m s.n.m.) y el segundo más alto (1,300 m s.n.m. en Venezuela, Seijas, 2007).



Figure 2. Photograph of the location where an adult *Paleosuchus trigonatus* was captured at the Ceiba Grande, Santa María, Boyacá. Photo: Giovanni A. Herrera-Pachon.

Figura 2. Sitio de avistamiento (Quebrada Yacoreña) de individuo adulto de *Paleosuchus trigonatus* en la vereda Ceiba Grande, Santa María, Boyacá. Foto: Giovanni A. Herrera-Pachon.



Figure 3. Adult male *Paleosuchus trigonatus* captured in Santa María, Boyacá. A. General view. B. Head shape. C. Postoccipital region, the presence of a unique row of scales is characteristic for this species. D. Sacral dorsal region, (2) rows of scales characteristic of the species are indicated. Photos: Viviana Pinilla-Ortigoza and Giovanni A. Herrera-Pachon.

Figura 3. Macho adulto de *Paleosuchus trigonatus* capturado en el municipio de Santa María, Boyacá. A. Vista general del cuerpo. B. Forma de la cabeza. C. Región postoccipital, se señala la hilera (1) de escamas característica de la especie. D. Región dorsal sacra, se señalan (2) filas de escamas características de la especie. Fotos: Viviana Pinilla-Ortigoza y Giovanni A. Herrera-Pachon.

La ampliación en el rango de distribución de *P. trigonatus* en el departamento de Boyacá representa la inclusión de una nueva microcuenca no reportada en la distribución de la IUCN (Campos et al., 2019b) la cual hace parte del afluente Quebrada Yacoreña, subcuenca del río Guavio, el cual desemboca en la Cuenca del Río Meta, haciendo parte de la gran cuenca del Orinoco (Trujillo et al., 2016). En la Orinoquia, los hábitats para *P. trigonatus* parecen ser pequeñas quebradas, arroyos y charcas temporales al interior de los bosques de galería (Medem, 1981, 1983; Seijas, 2007), por lo cual la Quebrada Yacoreña coincide con los hábitats donde la especie se ha reportado, comportándose como un mesohábitat de charca temporal (Fig. 1), con aguas de poca corriente que se secan en temporadas de sequía y tienen vegetación circundante (Wellborn et al., 1996).

El presente estudio aporta un nuevo registro de distribución y de altitud para *Paleosuchus trigonatus* en el piedemonte llanero de Boyacá, contribuyendo al conocimiento de la distribución de la especie en Colombia y a la comprensión de los patrones biogeográficos que afectan a los crocodylianos (Muniz et al., 2021). Este registro se convierte en un insumo importante para realizar estudios futuros sobre aspectos ecológicos, espaciales y de relación humano-cocodrilo, permitiendo nutrir el conocimiento que se tiene de la especie y por ende su protección y la de su hábitat.

Agradecimientos.— A la comunidad de Ceiba Grande en Santa María, en especial a la señora Emilse y su familia, por la hospitalidad y apoyo incondicional para realizar la fase de campo de esta investigación, siendo fieles a su compromiso con la conservación de la naturaleza y el amor, respeto y curiosidad que sienten por las especies que coexisten con ellos.

LITERATURA CITADA

- Angarita-Sierra, T., J.J. Ospina-Sarria, M. Anganoy-Criollo, R. Pedroza-Banda & J.D. Lynch. 2013. Guía de campo de los Anfibios y Reptiles del departamento de Casanare (Colombia). Serie Biodiversidad para la Sociedad No. 2. Universidad Nacional de Colombia, Sede Orinoquia; YOLUKA ONG, Fundación de Investigación en Biodiversidad y Conservación. Bogotá-Arauca, Colombia.
- Barahona, S., P. Bonilla, A. Martínez, J. Naranjo & M.A. Rodríguez. 1996. Estado, distribución, sistemática y conservación de los Crocodylia colombianos. Censo 1994 1996. Ministerio del Medio Ambiente, Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. CITES, Santa Fe de Bogotá, Colombia.
- Campos, Z., W.E. Magnusson & F. Muniz. 2019a. *Paleosuchus trigonatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T46588A3010035. 2b4ac9084d86173b65de7c257465004a.pdf [Consultado en julio 2024]
- Campos, Z., W.E. Magnusson & F. Muniz. 2019b. *Paleosuchus trigonatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T46588A3010035. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20191.RLTS.T46588A3010035.en> [Consultado en julio 2024]
- Lugo, M. 2013. *Paleosuchus trigonatus*. Pp. 201-210. En: M.A. Morales Betancourt, C.A. Lasso, J. De La Ossa V. & A. Fajardo-Patiño (Eds.). VIII. Biología y Conservación de los Crocodylia de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia.
- Medem, F. 1981. Los Crocodylia de Sur América. Vol 1. Colciencias. Bogotá, Colombia.
- Medem, F. 1983. Los Crocodylia de Sur América. Vol. II. Los Crocodylia de Colombia. Colciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Muñoz-Saba, Y., N. Calvo-Roa, P.A. Gómez-Sandoval, D. Casallas-Pabón, J.D. Lynch, L.S. Barrientos & D.A. Gómez-Sánchez. 2019. Guía de Campo de los Mamíferos, Anfibios y Reptiles de Santa María, Boyacá, Colombia.
- Muniz, F., P.S. Bittencourt, S.M. Hernández-Rangel, I. Roberto, I.P. Farias & T. Hrbek. 2021. Biogeography and comparative phylogeography of new-world crocodylians. En Zucoloto, R.B., Amavet, P.S., Verdade, L.M., Farias, I.P. (Eds.), Conservation Genetics of New World Crocodylians. Springer, Cham, Switzerland.
- Naranjo, H. 1996. Evaluación de las Poblaciones de Crocodylia en la región Amazónica Colombiana. Ministerio del Medio Ambiente. Dirección General Forestal y Vida Silvestre. Subdirección de Fauna. Santa Fe de Bogotá, Colombia.
- Rodríguez, M. 2000. Estado y Distribución de los Crocodylia en Colombia. República de Colombia. Sistema Nacional Ambiental. Ministerio del Medio Ambiente. Instituto Alexander Humboldt. Bogotá, Colombia.
- Schneider, J.G. 1801. Historiae Amphibiorum naturalis et literariae. Fasciculus secundus continens Crocodilos, Scincos,

Chamaesauras, Boas, Pseudoboas, Elapes, Angues, Amphisbaenas et Caecilias. Frommanni, Jena.

Seijas, A. 2007. Características distintivas y estado de conocimiento de las especies del género *Paleosuchus* (Crocodylia; Alligatoridae) en Venezuela. Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales 166:27-44.

Trujillo, F., R. Antelo & J.S.U. Oviedo (Eds.). 2016. Biodiversidad de la Cuenca Baja y Media del Río Meta. Fundación Omacha, Bogotá, Colombia.

Wellborn, G.A., D.K. Skelly & E.E. Werner. 1996. Mechanisms creating community structure across a freshwater habitat gradient. Annual Review of Ecology and Systematics 27:337-363.



FIRST RECORD OF THE BEAUTIFUL DIRT FROG, *PRISTIMANTIS MUSEOSUS* (IBAÑEZ, JARAMILLO & AROSEMENA, 1994), IN COSTA RICA

PRIMER REGISTRO DE LA RANA DE LLUVIA, *PRISTIMANTIS MUSEOSUS* (IBAÑEZ, JARAMILLO & AROSEMENA, 1994), EN COSTA RICA

Erick Arias^{1,2,3*}, Stanley Salazar⁴ & Ana Patricia Vásquez⁵

¹Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San Pedro, 11501-2060 San José, Costa Rica.

²Museo de Zoología, Centro de Investigaciones en Biodiversidad y Ecología Tropical, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

³Departamento de Zoología, Instituto de Biología, UNAM, AP 70-153 Ciudad Universitaria, CP 04510, Ciudad de México, México.

⁴Caribbean Herping Tours, Limón, Costa Rica.

⁵Sección Regional Huetar Norte y Caribe, Campus Sarapiquí, Universidad Nacional, Limón, Costa Rica.

*Correspondence: epiedra@gmail.com

Received: 2024-08-14. Accepted: 2024-12-02. Published: 2025-03-13.

Editor: Katyuscia Araujo-Vieira, Brasil.

Resumen.— Reportamos el primer registro para Costa Rica de la hermosa rana de desarrollo directo *Pristimantis museosus* (Anura: Strabomantidae). Encontramos una hembra adulta en Alto Urén, en la Cordillera de Talamanca cerca de la frontera entre Costa Rica y Panamá. Este espécimen concuerda morfológicamente y filogenéticamente con otros *P. museosus*, incluyendo aquellos de la localidad tipo. Encontramos que *P. museosus* está formada por dos subclados, separados entre sí por distancias genéticas de 3.2 % en el gen 16S y 7.1 % en el citocromo oxidasa I (COI); el espécimen de Costa Rica se agrupa con aquellos del este de Panamá, incluyendo los más cercanos a la localidad tipo. También encontramos que otras especies dentro del grupo de especies *P. ridens* tienen alto nivel de variación genética con distancias genéticas que alcanzan hasta 14.5 % en el gen 16S y 19.1 % en el COI dentro de las especies actuales. Lo anterior podría estar enmascarando linajes crípticos dentro de las especies como reconocidas actualmente.

Palabras clave.— Código de barras de ADN, Panamá, Strabomantidae, Talamanca.

Abstract.— We report the first record of the direct-developing frog *Pristimantis museosus* (Anura: Strabomantidae) in Costa Rica. We found an adult female near the Costa Rica-Panamá border in Alto Urén, Caribbean slope of Talamanca Mountain Range. This specimen agrees morphologically and phylogenetically with other *P. museosus*, including the type series. *Pristimantis museosus* is formed by two subclades, separated by genetic distances of 3.2 % in 16S and 7.1 % in cytochrome oxidase I (COI); the specimen from Costa Rica is grouped within the subclade including those specimens from eastern Panamá, nearest to type locality. Also, we found that other species in the *P. ridens* Species Group have a high-level of genetic variation with genetic distances reaching up to 14.5 % in 16S and 19.1 % in COI under current taxonomy. This may mask cryptic lineages under the currently recognized taxa.

Keywords.— DNA barcoding, Panama, Strabomantidae, Talamanca.

One of the most remarkable examples of speciation in the Neotropics is the radiation of direct-developing frogs, including approximately 1,266 species in seven families and 29 genera (Frost, 2024). This group of frogs includes the most diverse genus of vertebrates in the world, *Pristimantis* Jiménez de la Espada, 1870; with ca. 612 species (Frost, 2024) distributed mainly in South America (Padial et al., 2014). The direct-developing frogs correspond with a high percentage of the amphibian diversity

in the Neotropics, for example, these frogs correspond with the 13.6 % of the anuran diversity in Brazil, 34.4 % in Colombia, 44.9 % in Ecuador, 37.5 % in Peru, and 31.1 % in Panamá (Frost, 2024). Costa Rica hosts 220 amphibian species (AmphibiaWeb, 2024; Frost, 2024) and this number grows each year as new species are described (Arias et al., 2024) and as new country records for previously described species are made (Pinto et al., 2024). Direct-developing frogs (i.e., *Craugastor* Cope, 1862; *Diasporus*

Hedges Duellman & Heinicke, 2008; *Eleutherodactylus* Duméril & Bibron, 1841; *Pristimantis*; and *Strabomantis* Peters, 1863) make up 31.6 % of the anuran's diversity in Costa Rica. According to Frost (2024), the genus *Pristimantis* contains 10 species in Costa Rica: *P. altae* (Dunn, 1942), *P. caryophyllaceus* (Barbour, 1928), *P. cerasinus* (Cope, 1875), *P. cruentus* (Peters, 1873), *P. educatoris* Ryan, Lips & Giermakowski, 2010, *P. gaigei* (Dunn, 1931), *P. moro* (Savage, 1965), *P. pardalis* (Barbour, 1928), *P. ridens* (Cope, 1866), and *P. taeniatus* (Boulenger, 1912). However, we follow Batista et al. (2014) who synonymized *P. educatoris* under *P. caryophyllaceus*. Previous studies suggest that the diversity of the genus may be underestimated due to notable morphological variation in species like *P. cruentus* (Savage, 2002) and the relatively low exploration effort in unexplored regions (Arias et al., 2024).

On 19 April 2024 at 21:00 h, we found a unique *Pristimantis* that we tentatively identified as *P. museosus* (Ibañez, Jaramillo & Arosemena, 1994). We found the individual during a dry night,

on the upper surface of a leaf at a height of about 2 m above the ground. The site is a mature forest near a small river in Provincia de Limón, Cantón de Talamanca, Distrito de Telire, Alto Urén (9.431° N; 82.978° W; WGS 84; 700 m a.s.l.; Fig. 1). The specimen, an adult female, was collected and humanely euthanized using a topical anesthetic. Following the euthanasia, a tissue sample was taken and stored in 96 % ethanol. The specimen was fixed in a 10% formalin solution and transferred into 70 % ethanol for long-term preservation. The specimen was deposited in the herpetological collection of Museo de Zoología at Universidad de Costa Rica (UCR). Museum collection acronyms follow Frost (2024).

To confirm the identity of the specimen UCR24442, tentatively identified as *Pristimantis museosus*, we performed a study of external morphology characters based on the most conspicuous phenotypic traits mentioned in the original description of *P. museosus* (Ibañez et al., 1994). We performed the measurements

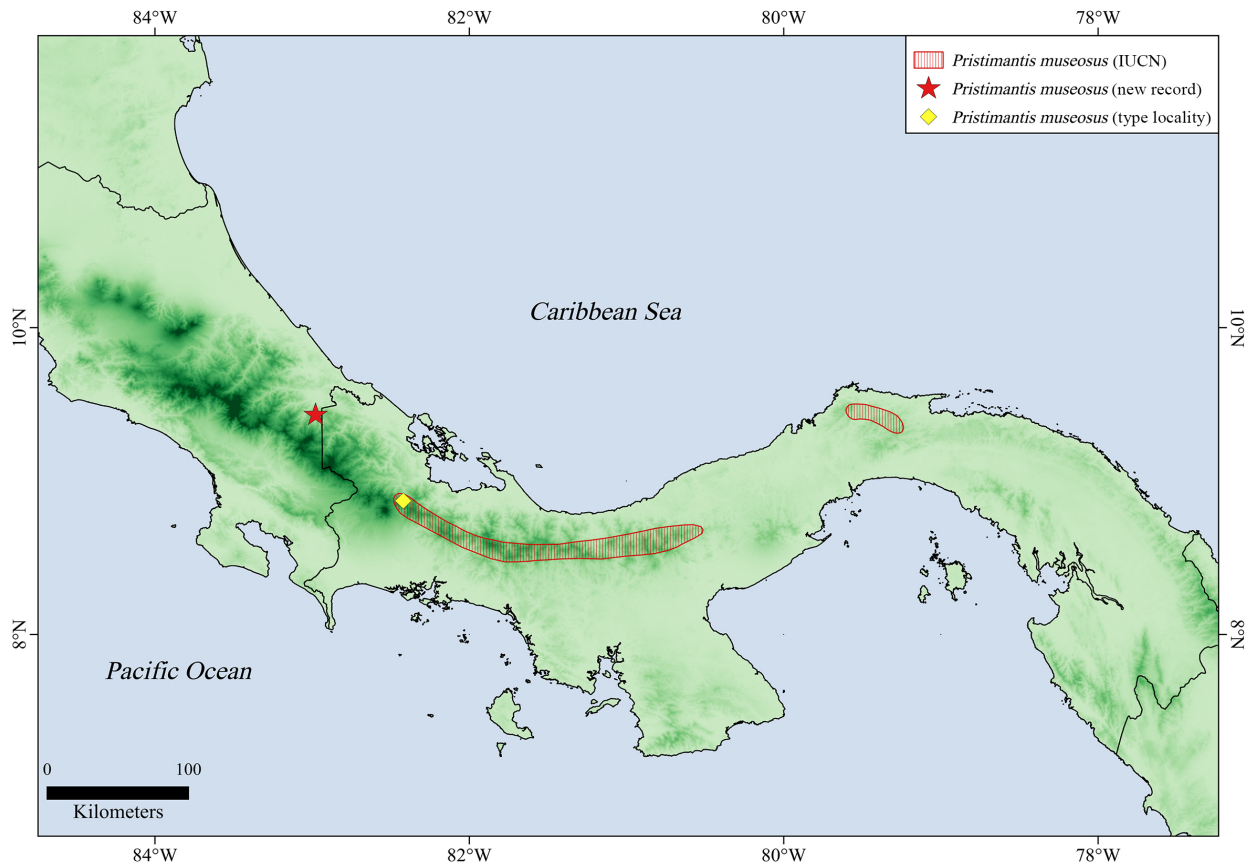


Figura 1. Distribución geográfica conocida para *Pristimantis museosus* (sombra). La estrella roja corresponde con el nuevo registro, en Alto Urén, Limón, Costa Rica. Fuente: La Lista Roja de la IUCN, descarga de datos el 20 de julio de 2024. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T56780A54350678.en>

Figure 1. Known geographic distribution of *Pristimantis museosus* (shadow). The red star marks the new record in Alto Urén, Limón, Costa Rica. Source: The IUCN Red List, data download on 2024-07-20. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T56780A54350678.en>



shown by Ibañez et al. (1994) and added the width of finger III (WF3) and width of finger IV (WF4). Additionally, we obtained partial sequences of the large subunit ribosomal RNA (16S) and cytochrome oxidase I (COI) mitochondrial genes. We used the primers 16Sar and 16Sbr (Palumbi et al., 1991) for 16S and dgLCO and dgHCO (Meyer, 2003) for COI. The protocols for DNA extraction, amplification, sequencing, and editing are from Arias et al. (2018). We compared the DNA sequences for UCR24442 with selected 16S and COI sequences available on GenBank for members of the *P. ridens* Species Group in Costa Rica and Panamá. The list of vouchers and GenBank accession numbers used in this study are provided in Appendix 1, detailed molecular laboratory techniques are provided in the primary source (Crawford et al., 2010, 2013; Pinto-Sánchez et al., 2012; Batista

et al., 2014; Paz et al., 2015; Sepulveda-Seguro et al., 2022). We used a sequence of *P. taeniatus* as an outgroup following Padial et al. (2014). We analyzed mtDNA concatenated using Maximum Likelihood (ML) with RAxML v.8 (Stamatakis, 2014) and Bayesian phylogenetic analysis with MrBayes 3.2.6 (Ronquist et al., 2012), run on the CIPRES portal (Miller et al., 2010). Arias et al. (2019) provided detailed protocols for alignment, searching for the best partition scheme, determining the best model of sequence evolution for each partition, and conducting phylogenetic inference using RAxML and MrBayes.

The resulting data matrix had a total sequence length of 1,264 bp, including gaps: 606 bp for 16S and 658 bp for COI. Three partitions were identified with these models: GTR+G

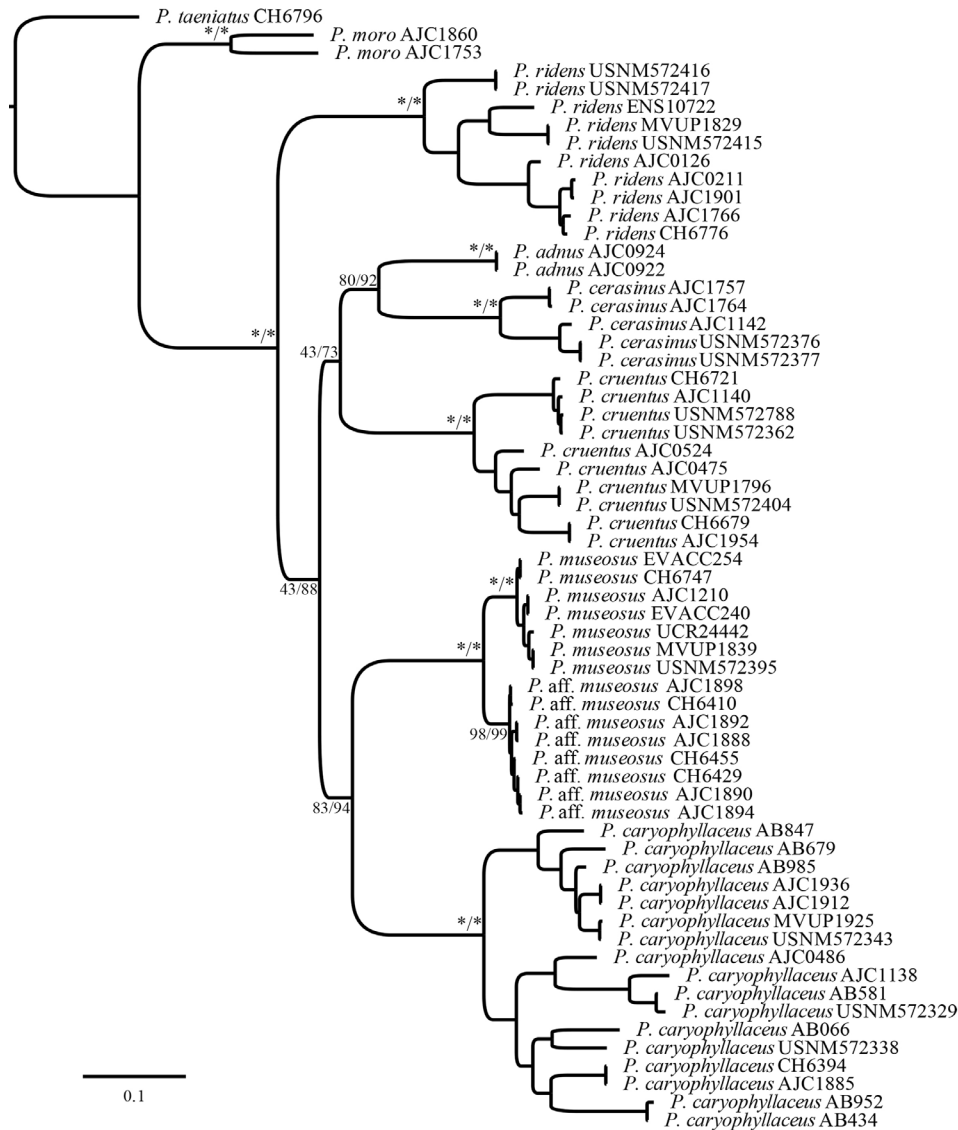


Figura 2. Inferencia filogenética bayesiana mostrando la relación del espécimen costarricense de *Pristimantis museosus* (UCR24442) entre miembros del grupo de especies *P. ridens* basándose en los fragmentos de los genes de ADN mitocondrial 16S y COI. Las proporciones de Bootstrap del análisis de máxima verosimilitud y las probabilidades posteriores (multiplicadas por 100) del análisis de MrBayes se muestran separadas por una barra inclinada (izquierda y derecha respectivamente). La barra de escala se refiere a las sustituciones estimadas por sitio. Los asteriscos representan un soporte de 100.

Figure 2. Bayesian phylogenetic inference shows the relationship of the Costa Rican specimen of *Pristimantis museosus* (UCR24442) among members of the *P. ridens* Species Group based on the 16S and COI mitochondrial DNA gene fragments. Bootstrap proportions from maximum likelihood and posterior probabilities (multiplied by 100) from MrBayes analysis are shown separated by a slash (left and right sides, respectively). The scale bar refers to the estimated substitutions per site. The support values of nodes within species are not shown. The asterisks represent support of 100.

for 16S + COI codon position 1, SYM+G for codon position 2 of COI, and HKY+I for COI codon position 3. The phylogenies from Garli and MrBayes were almost identical in topology (Fig. 2), both found the same phylogenetic relationships among the species, but minor differences were found within *Pristimantis caryophyllaceus* and *P. cruentus*. The phylogeny shows UCR24442 to be conspecific with *P. museosus*. This confirms the taxon's presence in Costa Rica.

The specimen UCR24442 matches the combination of diagnostic morphological characters, color patterns, and measurements (Table 1) as described by Ibáñez et al. (1994). The collected female has a strongly tuberculate dorsum; subacuminate snout in dorsal view; a pointed heel tubercle; well-developed accessory palmar tubercles; outer tarsal tubercles in series; distinct pointed tubercles on the upper eyelid; pads of fingers III and IV strongly expanded; green dorsum with brown markings in life (Fig. 3); purple color in preservative (Fig. 4); and a gold iris with a black reticulum. The female collected in Costa Rica is larger (SVL = 38.9 mm vs. 26.1 mm in adult male holotype) showing possible sexually dimorphic variation. In addition, the female lack of nuptial pads and vocal slits.

Crawford et al. (2013) evaluated the potential cryptic lineages within of *Pristimantis museosus*, they included samples from several localities in Panamá, including a site to 190 km east of type locality. Crawford et al. (2013) identified two well-supported clades using the same mitochondrial genes as those used herein. The specimen from Costa Rica grouped with the clade containing those specimens collected nearest of the

type locality. Thus, UCR24442 refers to the nominal name *P. museosus* with high confidence; the specimen from Costa Rica is separated of other *P. museosus* by genetic distances of 0.5–3.8 % in 16S and 1.2–7.9 % in COI. Our phylogenetic results agree with Crawford et al. (2013) in show that *P. museosus* has two clades: one includes samples from Central Panamá to Costa Rica, and the other includes samples from the Panamá-Colombia border region. The genetic distances between the two clades forming *P. museosus* are 3.2 % (16S) and 7.1 % (COI). It also highlights the genetic variation in other species from our analysis, especially within polymorphic species like *P. caryophyllaceus*, *P. cerasinus*, *P. cruentus*, and *P. ridens*. In those species the genetic distances within of current names reach up to 10.5 % (16S) and 19.1 % (COI) in *P. caryophyllaceus*, 5.2 % (16S) and 11.4 % (COI) in *P. cerasinus*, 14.5 % (16S) and 13.5 % (COI) in *P. cruentus*, and 8.6 % (16S) and 15.5 % (COI) in *P. ridens*. Ours results support previous analyses suggesting multiple cryptic lineages within these taxa (Savage, 2002; Wang et al., 2008; Crawford et al., 2013; Batista et al. 2014). Further clarification of the full taxonomic status of *P. museosus* and some clades within other species in the *P. ridens* Species Group is need. This new locality for *P. museosus* extends 88 km northwest from the nearest scientifically verified site for this species, the type locality. The specimen was found in a site covered by primary Tropical wet forest [Premontane transition] (Holdridge, 1967). This region has a dry season of 0-3 months; annual rainfall is 4,000 to 5,500 mm, and annual temperatures range from 21.5 °C to 24 °C (Bolaños et al., 2005). *Pristimantis museosus* may range northwest in Costa Rica, in the Talamanca foothills, following the Tropical wet forest life zone (Bolaños et al., 2005). Alto Urén and nearby areas contain microendemic

Tabla 1. Medidas en milímetros (mm) de la hembra de Costa Rica, el holotipo y los paratipos de *Pristimantis museosus*.

Tabla 1. Measurements in millimeters (mm) of the female from Costa Rica, the holotype, and paratypes of *Pristimantis museosus*.

	UCR24442 (female)	MVUP-1348 (holotype)	MVUP-1349 (paratype)	STRI-0081 (paratype)
Snout-vent length (SVL)	38.9	26.1	23.6	21.5
Shank	20.2	14.2	13.9	12.7
Head width (HW)	16.2	10.4	9.3	8.7
Head length (HL)	16.3	9.8	8.8	8.7
Upper eyelid width (EW)	3.3	-	-	1.9
Interorbital distance (IOD)	4.6	2.7	2.5	2.2
Eye diameter length (ED)	5.0	4.5	4.0	3.5
Tympanum length (TY)	1.2	0.9	0.8	0.8
Eye to nostril distance (EN)	5.0	3.4	3.2	3.0
Width of finger 3 (WF3)	2.4	-	-	-
Width of finger 4 (WF4)	2.0	-	-	-



Figura 3. Foto en vida del espécimen de *Pristimantis museosus* (UCR24442) de Alto Urén, Limón, Costa Rica. Foto: Stanley Salazar.

Figure 3. In-life photo of the specimen of *Pristimantis museosus* (UCR24442) from Alto Urén, Limón, Costa Rica. Photo: Stanley Salazar.

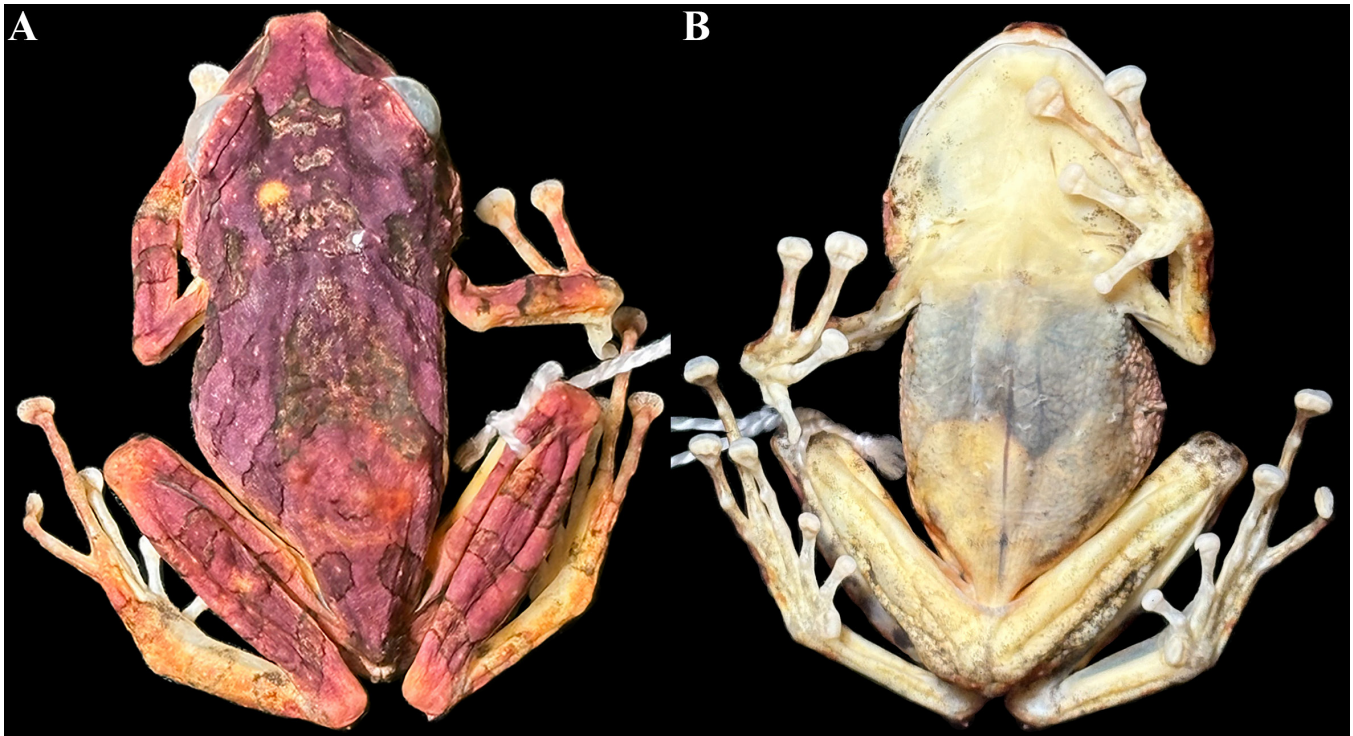


Figura 4. Fotografías del dorso (A) y vientre (B) del espécimen preservado de *Pristimantis museosus* (UCR24442). Fotos: Erick Arias.

Figure 4. Figure 4. Dorsal (A) and ventral (B) views of the preserved specimen of *Pristimantis museosus* (UCR24442). Photos: Erick Arias.

species, such as *D. lythroides* (Savage, 1968) and *Nototriton costaricense* Arias & Kubicki, 2018 (Savage, 1968; Arias & Kubicki, 2018); also, the only record of *P. pardalis* and *Bolitoglossa minutula* Wake, Brame & Duellman, 1973 on the Caribbean slope of Costa Rica (Arias, 2017). Given the potential for undiscovered species in this region, it is essential to prioritize an inventory project to document the diversity of its Herpetofauna.

Acknowledgements.— We thank Brian Kubicki for reviewing an early draft of the manuscript and for his comments and suggestions, which greatly improved its quality. Laura Márquez (LaNaBio), Nelly López (LaNaBio), and Andrea Jiménez-Marín for their laboratory help. We collected the specimen under the research permit R-SINAC-SE-DT-PI-029-2023.

LITERATURE CITED

- AmphibiaWeb. 2024. AmphibiaWeb: Information on Amphibian Biology and Conservation [web application]. <http://amphibiaweb.org> Berkeley, California. [Consulted in 30 July 2024]
- Arias, E. 2017. New distribution records for two uncommon amphibian species on the Caribbean slopes of the Cordillera de Talamanca, Costa Rica. *Mesoamerican Herpetology* 4:446-449.
- Arias, E. & B. Kubicki. 2018. A new moss salamander, genus *Nototriton* (Caudata: Plethodontidae), from the Cordillera de Talamanca, in the Costa Rica-Panama border región. *Zootaxa* 4369:487-500
- Arias, E., A. Hertz & G. Parra-Olea. 2019. Taxonomic assessment of *Craugastor podiciferus* (Anura: Craugastoridae) in lower Central America with the description of two new species. *Amphibian & Reptile Conservation* 13:173-197.
- Arias, E., G. Chaves, B. Kubicki & G. Parra-Olea. 2024. Taxonomic assessment of the *Bolitoglossa (Eladinea)* subgenus (Caudata: Plethodontidae) with the description of two new species from the Cordillera de Talamanca, Costa Rica. *Zootaxa* 5537:211-233.
- Batista, A., A. Hertz, G. Köhler, K. Mebert & M. Veselý. 2014. Morphological variation and phylogeography of frogs related to *Pristimantis caryophyllaceus* (Anura: Terrarana: Craugastoridae) in Panama. *Salamandra* 50:155-171.
- Bolaños, R., V. Watson & J. Tosi. 2005. Mapa ecológico de Costa Rica (Zonas de Vida), según el sistema de clasificación de zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge, Escala 1:750 000. Centro Científico Tropical, San José, Costa Rica.
- Crawford, A.J., K.R. Lips & E. Bermingham. 2010. Epidemic disease decimates amphibian abundance, species diversity, and evolutionary history in the highlands of central Panama. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107:3777-13782.
- Crawford, A.J., C. Cruz, E.J. Griffith, H. Ross, R. Ibáñez D., K.R. Lips, A.M. Driskell, E. Bermingham & P. Crump. 2013. DNA barcoding applied to ex situ tropical amphibian conservation programme reveals cryptic diversity in captive populations. *Molecular Ecology Resources* 13:1005-1018.
- Frost, D.R. 2024. Amphibian Species of the World: An Online Reference. Version 6.1. <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html> American Museum of Natural History, New York, USA. [Consulted in 30 July 2024]
- Holdridge, L.R. 1967. Life Zones Ecology. Tropical Science Center, San José, Costa Rica.
- Ibáñez D., R., C.A. Jaramillo & F.A. Arosemena. 1994. A new species of *Eleutherodactylus* (Anura: Leptodactylidae) from Panamá. *Amphibia-Reptilia* 15:337-341.
- Meyer, C.P. 2003. Molecular systematics of cowries (Gastropoda: Cypraeidae) and diversification patterns in the tropics. *Biological Journal of the Linnean Society* 79:401-459.
- Miller M.A., W. Pfeiffer & T. Schwartz. 2010. Creating the CIPRES Science Gateway for inference of large phylogenetic trees. *Proceedings of the Gateway Computing Environments Workshop (GCE)*, 14 November 2010, 1-8.
- Palumbi, S., A. Martin, S. Romano, W.O. McMillan, L. Stice & G. Grabowski. 1991. The simple fool's guide to PCR, version 2.0. Special Publication, Department of Zoology and Kewalo Marine Laboratory, University of Hawaii, Honolulu, Hawaii, USA.
- Padial, J.M., T. Grant & D.R. Frost. 2014. Molecular systematics of terraranas (Anura: Brachycephaloidea) with an assessment of the effects of alignment and optimality criteria. *Zootaxa* 3825:1-132.
- Paz, A., R. Ibáñez, K.R. Lips & A.J. Crawford. 2015. Testing the role of ecology and life history in structuring genetic variation across a landscape: A trait-based phylogeographic approach. *Molecular Ecology* 24:3723-3737.



- Pinto, J., G. Chaves, E. Arias & J.G. Abarca. 2024. First record of the Mexican caecilian, *Dermophis mexicanus* (Dermophiidae) in Costa Rica. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 7:44-48.
- Pinto-Sánchez, N.R., R. Ibáñez, S. Madriñán, O.I. Sanjur, E. Bermingham & A.J. Crawford. 2012. The great American biotic interchange in frogs: multiple and early colonization of Central America by the South American genus *Pristimantis* (Anura: Craugastoridae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 62:954-972.
- Ronquist, F., M. Teslenko, P. Van Der Mark, D.L. Ayres, A. Darling, S. Höhna, B. Larget, L. Liu, M. Suchard & J.P. Huelsenbeck. 2012. MrBayes 3.2: efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. *Systematic Biology* 61:539-542.
- Savage, J.M. 1968. A new red-eyed tree-frog (family Hylidae) from Costa Rica, with a review of the *Hyla uranochroa* group. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 67:1-20.
- Savage J.M. 2002. *The Amphibians and Reptiles of Costa Rica. A Herpetofauna Between Two Continents, Between Two Seas.* The University of Chicago Press, Chicago, Illinois.
- Sepulveda-Seguro, A.M., C.M. Marin, A. Amezcuita, Y.A. Garcia & J.M. Daza. 2022. Phylogeographic structure suggests environmental gradient speciation in a montane frog from the northern Andes of Colombia. *Organisms Diversity & Evolution* 22:803-820.
- Stamatakis, A. 2014. RAxML version 8: a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies. *Bioinformatics* 30:1312-1313.
- Wang, I.J., A.J. Crawford & E. Bermingham. 2008. Phylogeography of the Pygmy Rain Frog (*Pristimantis ridens*) across the lowland wet forests of Isthmian Central America. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 47:992-1004.



APPENDICES

Apéndice 1. Números de comprobantes institucionales, información de localidad y números de acceso de GenBank para los especímenes utilizados en los análisis filogenéticos moleculares. Las siglas de la colección del museo siguen a Frost (2024) con la adición de AJC = número de campo de Andrew J. Crawford; AB = números de campo de Abel Batista; CH = Círculo Herpetológico de Panamá, República de Panamá; ENS = números de campo de Eric Smith; EVACC = Número de muestra del Centro de Conservación de Anfibios El Valle, República de Panamá; MVUP = Museo de Vertebrados de la Universidad de Panamá, República de Panamá. CR = Costa Rica, HN = Honduras, PA = Panamá.

Appendix 1. Institutional voucher numbers, locality information, and GenBank accession numbers for the specimens used in the molecular phylogenetic analyses. Museum collection acronyms follow Frost (2024) with the addition of AJC = Andrew J. Crawford field number; AB = Abel Batista field numbers; CH = Círculo Herpetológico de Panamá, Republic of Panama; ENS = Eric Smith field numbers; EVACC = El Valle Amphibian Conservation Center sample number, Republic of Panama; MVUP = Museo de Vertebrados de la Universidad de Panamá, Republic of Panama. CR = Costa Rica, HN = Honduras, PA = Panamá.

Species	Institutional voucher	Collection locality	COI GB number	16S GB number	Original reference
<i>Pristimantis taeniatus</i>	CH6796	Cerro Azul, Chilibre, PA	KR863076	KR863333	Paz et al. (2015)
<i>P. adnus</i>	AJC0922	Serranía del Sapo, Darién, PA	ON008317	ON009871	Sepulveda-Seguro et al. (2022)
<i>P. adnus</i>	AJC0924	Serranía del Sapo, Darién, PA	ON008318	ON009872	Sepulveda-Seguro et al. (2022)
<i>P. moro</i>	AJC1753	Cerro Azul, Chilibre, PA	JN991383	JN991453	Pinto-Sánchez et al. (2012)
<i>P. moro</i>	AJC1860	Serranía de Pirre, Darién, PA	JN991384	JN991454	Pinto-Sánchez et al. (2012)
<i>P. caryophyllaceus</i>	AB066	Serranía Maje, PA	KJ201943	KJ201953	Batista et al. (2014)
<i>P. caryophyllaceus</i>	AB434	Cerro Sapo, Darién, PA	KJ201942	KJ201952	Batista et al. (2014)

Species	Institutional voucher	Collection locality	COI GB number	16S GB number	Original reference
<i>P. caryophyllaceus</i>	AB581	Donoso, Colón, PA	KJ201947	KJ201958	Batista et al. (2014)
<i>P. caryophyllaceus</i>	AB679	Wargandi, Darién, PA	KJ201951	KJ201962	Batista et al. (2014)
<i>P. caryophyllaceus</i>	AB847	Darién, PA	KJ201946	KJ201957	Batista et al. (2014)
<i>P. caryophyllaceus</i>	AB952	Darién, PA	KJ201948	KJ201959	Batista et al. (2014)
<i>P. caryophyllaceus</i>	AB985	Chepo, PA	KJ201945	KJ201955	Batista et al. (2014)
<i>P. caryophyllaceus</i>	AJC486	Cascajal, San José, CR	JN991363	JN991434	Pinto-Sánchez et al. (2012)
<i>P. caryophyllaceus</i>	AJC1138	Altos del María, PA	JN991364	JN991435	Pinto-Sánchez et al. (2012)
<i>P. caryophyllaceus</i>	AJC1885	Serranía de Pirre, Darién, PA	KR863036	KR863293	Paz et al. (2015)
<i>P. caryophyllaceus</i>	AJC1912	Brewster, Panamá, PA	KR863042	KR863299	Paz et al. (2015)
<i>P. caryophyllaceus</i>	AJC1936	Brewster, Panamá, PA	KR863044	KR863301	Paz et al. (2015)
<i>P. caryophyllaceus</i>	CH6394	Pinogana, Darién, PA	KR863043	KR863300	Paz et al. (2015)
<i>P. caryophyllaceus</i>	MVUP1925	El Copé, Coclé, PA	FJ766776	FJ784473.	Crawford et al. (2010)
<i>P. caryophyllaceus</i>	USNM572329	El Copé, Coclé, PA	FJ766771	FJ784397	Crawford et al. (2010)
<i>P. caryophyllaceus</i>	USNM572338	El Copé, Coclé, PA	FJ766775	FJ784491	Crawford et al. (2010)
<i>P. caryophyllaceus</i>	USNM572343	El Copé, Coclé, PA	FJ766772	FJ784375	Crawford et al. (2010)
<i>P. cerasinus</i>	AJC1142	Altos del María, PA	JN991367	JN991438	Pinto-Sánchez et al. (2012)
<i>P. cerasinus</i>	AJC1757	Cerro Azul, Chilibre, PA	KR863049	KR863306	Paz et al. (2015)
<i>P. cerasinus</i>	AJC1764	Cerro Azul, Chilibre, PA	KR863045	KR863302	Paz et al. (2015)
<i>P. cerasinus</i>	USNM572376	El Copé, Coclé, PA	FJ766786	FJ784387	Crawford et al. (2010)
<i>P. cerasinus</i>	USNM572377	El Copé, Coclé, PA	FJ766785	FJ784391	Crawford et al. (2010)
<i>P. cruentus</i>	AJC0475	Tapantí, Cartago, CR	JN991370	JN991441	Pinto-Sánchez et al. (2012)
<i>P. cruentus</i>	AJC0524	Turrialba, Cartago, CR	JN991368	JN991440	Pinto-Sánchez et al. (2012)
<i>P. cruentus</i>	AJC1140	Altos del María, PA	KC129260	KC129372	Crawford et al. (2013)
<i>P. cruentus</i>	AJC1954	Brewster, Panamá, PA	KR863054	KR863311	Paz et al. (2015)
<i>P. cruentus</i>	CH6679	Brewster, Panamá, PA	KR863056	KR863313	Paz et al. (2015)
<i>P. cruentus</i>	CH6721	Brewster, Panamá, PA	JN991371	JN991442	Pinto-Sánchez et al. (2012)
<i>P. cruentus</i>	MVUP1796	El Copé, Coclé, PA	FJ766797	FJ784354	Crawford et al. (2010)
<i>P. cruentus</i>	USNM572362	El Copé, Coclé, PA	FJ766782	FJ784525	Crawford et al. (2010)
<i>P. cruentus</i>	USNM572404	El Copé, Coclé, PA	FJ766796	FJ784409	Crawford et al. (2010)
<i>P. cruentus</i>	USNM572788	El Copé, Coclé, PA	FJ766787	FJ784380	Crawford et al. (2010)
<i>P. ridens</i>	AJC0126	Río Claro, Puntarenas, CR	JN991400	JN991466	Pinto-Sánchez et al. (2012)
<i>P. ridens</i>	AJC0211	Nusagandi, Kuna Yala, PA	JN991399	JN991465	Pinto-Sánchez et al. (2012)
<i>P. ridens</i>	AJC1766	Cerro Azul, Chilibre, PA	KR863061	KR863318	Paz et al. (2015)
<i>P. ridens</i>	AJC1901	Brewster, Panamá, PA	KR863060	KR863317	Paz et al. (2015)



Species	Institutional voucher	Collection locality	COI GB number	16S GB number	Original reference
<i>P. ridens</i>	CH6776	Cerro Azul, Chilibre, PA	KR863062	KR863319	Paz et al. (2015)
<i>P. ridens</i>	ENS10722	Sierra de Agalta, Olancho, HN	JN991398	JN991464	Pinto-Sánchez et al. (2012)
<i>P. ridens</i>	MVUP1829	El Copé, Coclé, PA	FJ766806	FJ784398	Crawford et al. (2010)
<i>P. ridens</i>	USNM572415	El Copé, Coclé, PA	FJ766805	FJ784399	Crawford et al. (2010)
<i>P. ridens</i>	USNM572416	El Copé, Coclé, PA	FJ766808	FJ784388	Crawford et al. (2010)
<i>P. ridens</i>	USNM572417	El Copé, Coclé, PA	FJ766807	FJ784389	Crawford et al. (2010)
<i>P. aff. museosus</i>	AJC1888	Cana, Darién, PA	KC129246	KC129358	Crawford et al. (2013)
<i>P. aff. museosus</i>	AJC1890	Cana, Darién, PA	KC129242	KC129354	Crawford et al. (2013)
<i>P. aff. museosus</i>	AJC1892	Cana, Darién, PA	KC129243	KC129355	Crawford et al. (2013)
<i>P. aff. museosus</i>	AJC1894	Cana, Darién, PA	KC129248	KC129360	Crawford et al. (2013)
<i>P. aff. museosus</i>	AJC1898	Cana, Darién, PA	KC129250	KC129362	Crawford et al. (2013)
<i>P. aff. museosus</i>	CH6410	Cana, Darién, PA	KC129244	KC129356	Crawford et al. (2013)
<i>P. aff. museosus</i>	CH6429	Cana, Darién, PA	KC129249	KC129361	Crawford et al. (2013)
<i>P. aff. museosus</i>	CH6455	Cana, Darién, PA	KC129241	KC129353	Crawford et al. (2013)
<i>P. museosus</i>	AJC1210	Altos del María, PA	JN991385	JN991455	Pinto-Sánchez et al. (2012)
<i>P. museosus</i>	EVACC240	Altos del María, Panamá, PA	KC014758	KC014951	Crawford et al. (2013)
<i>P. museosus</i>	EVACC254	Brewster, Panamá, PA	KC014744	KC014943	Crawford et al. (2013)
<i>P. museosus</i>	CH6747	Brewster, Panamá, PA	KC129262	KC129374	Crawford et al. (2013)
<i>P. museosus</i>	MVUP1839	El Copé, Coclé, PA	FJ766795	FJ784430	Crawford et al. (2010)
<i>P. museosus</i>	UCR24442	Talamanca, Limón, CR	PQ610213	PQ611590	This study
<i>P. museosus</i>	USNM572395	El Copé, Coclé, PA	FJ766793	FJ784559	Crawford et al. (2010)

UN NUEVO SITIO DE DESARROLLO Y MEDIDAS MORFOLÓGICAS DE RENACUAJOS DE *TRIPRIÓN SPINOSUS* (ANURA: HYLIDAE) EN LA SELVA ALTA DE LA SIERRA MAZATECA, OAXACA, MÉXICO

A NEW DEVELOPMENTAL SITE AND MORPHOLOGICAL MEASUREMENTS OF *TRIPRIÓN SPINOSUS* (ANURA: HYLIDAE) TADPOLES IN THE RAINFOREST FROM THE SIERRA MAZATECA, OAXACA, MEXICO

Eduardo A. Aguilar Herrera¹, Misael Seba-Chacha^{1,2}, Jessica N. Jaso-Martínez¹, Leopoldo D. Vázquez-Reyes³, Francisco A. Rivera-Ortiz⁴ & 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.

²Maestría en Ciencias Biológicas, Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala, México. Av. Universidad 1, La Loma de Xicoténcatl, C.P. 90070.

³Carrera de Biología, área de Ecología, 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 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.

*Correspondence: victorhja@iztacala.unam.mx

Received: 2024-07-18. Accepted: 2024-11-27. Published: 2025-03-13.

Editor: Adriana Manzano, Argentina.

Abstract.— The diversity of reproductive modes of frogs in the Hylidae family is notable. However, records of breeding sites and larval development in the wild are relatively incipient for several species. In this paper we describe for the first time a development site of *Triprión spinosus* tadpoles in a limestone karst crack within a tropical evergreen forest of the Sierra Mazateca, Oaxaca, Mexico. In addition, we provide morphological measurements of the three developmental stages recorded in tadpoles. Although it was known that this species uses cavities in trees and bromeliads, it has been suggested that it could use cavities in rocks, which we confirm with this finding. It is important to enrich the knowledge about the natural history, especially reproduction, of *T. spinosus*, considering that its population trend is decreasing, bringing it closer to being in some category of extinction risk.

Keywords.— Coronated Treefrog, development stage, morphometry, reproduction, rock cavity.

Resumen.— La diversidad de estrategias reproductivas de las ranas de la familia Hylidae es notable. Sin embargo, el registro en vida libre de sitios de reproducción y desarrollo larval es relativamente incipiente para diversas especies. En este trabajo describimos por primera vez un sitio de desarrollo de renacuajos de *Triprión spinosus* en una grieta kárstica de roca caliza y proporcionamos medidas morfológicas de los tres estadios de desarrollo registrados en los renacuajos encontrados en un bosque tropical perennifolio de la Sierra Mazateca, Oaxaca, México. Si bien se conocía que esta especie utiliza cavidades en árboles y bromelias, y se había sugerido que podría utilizar cavidades en rocas, hasta el momento no existían evidencias concretas. Teniendo en cuenta que *T. spinosus* presenta una tendencia poblacional en declive y que los bosques tropicales perennifolios y nublados que habita se encuentran amenazados por la pérdida de hábitat en México, un incremento del conocimiento sobre su historia natural, biología y ecología, favorecerá el desarrollo de estrategias específicas para su conservación.

Palabras clave.— Cavidad de roca, etapa de desarrollo, morfometría, rana arborícola coronada, reproducción.

La rana arborícola coronada, *Tripriion spinosus*, es un anfibio de bosques tropicales perennifolios (selva alta) y bosques nublados, que alcanza una talla (longitud hocico-cloaca) de hasta 73 mm en hembras y 68.5 mm para machos (Duellman, 2001). Presenta una distribución disyunta en zonas de bosque tropical perennifolio (selva alta) y bosque nublado en los estados de Puebla, Veracruz, Oaxaca, Tabasco y Chiapas en México, así como poblaciones en Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y Costa Rica (Cerón-De La Luz et al., 2020; Frost, 2024). De acuerdo con la última evaluación de la Lista Roja de especies en riesgo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) se encuentra en la categoría de casi amenazada (NT; IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2020), debido a la pérdida de hábitat,

así como por la quitridiomycosis con una tendencia poblacional negativa. Respecto a su historia natural, particularmente sobre aspectos de su reproducción, se ha observado que los renacuajos de *T. spinosus* se alimentan de huevos que provee la madre en sitios de reproducción en cavidades de árboles y bromelias (Taylor, 1954; Jungfer, 1996; Duellman, 2001). En México, se han registrado renacuajos en cavidades de árboles al sur del volcán San Martín en la región de Los Tuxtlas, Veracruz y en Vista Hermosa en el estado de Oaxaca (Robinson, 1961; Duellman, 2001). Estos registros también describen que los renacuajos de *T. spinosus* se alimentan de larvas de mosquito y confirman la presencia de huevos infértiles y en fases iniciales de desarrollo embrionario, dentro del tracto digestivo de los renacuajos



Figure 1. Breeding site of *Tripriion spinosus* in limestone. (A) The entrance to the cavity in the red circle, showing its location in the crack. (B) The interior of the circular cavity, as well as the tadpoles inside. (C) Tadpoles of *T. spinosus* at different development stages. Note the color pattern, which allowed the identification of the species. Photos: Jessica N. Jaso-Martínez.

Figura 1. Sitio de reproducción de *Tripriion spinosus* en roca caliza. (A) La entrada de la cavidad se encuentra señalada con el círculo rojo, mostrando su ubicación en la roca y grieta. (B) El interior de la cavidad con forma circular, así como los renacuajos en su interior. (C) Los renacuajos de *T. spinosus* en diferentes estadios de desarrollo. Nótese el patrón de coloración, lo que permitió la identificación de la especie. Fotos: Jessica N. Jaso-Martínez.

(Duellman, 2001). Se ha sugerido que *T. spinosus* puede utilizar grietas en rocas para reproducirse (Ceron De la Luz et al., 2020), aunque no existen evidencias concretas y hasta ahora no se había confirmado.

En este trabajo describimos un sitio de reproducción a partir del hallazgo de renacuajos de *T. spinosus* en un pequeño cuerpo de agua localizado en una cavidad dentro de una grieta de roca caliza, en un remanente de bosque tropical perennifolio de la Sierra Mazateca de Oaxaca. Además, proporcionamos datos morfométricos de una muestra de cinco renacuajos. El día 10 de octubre de 2023 en la localidad de Emiliano Zapata, municipio de San José Tenango, Oaxaca, México (18.1741° N, 96.6070° W; Datum WGS84; 711 m s.n.m.), durante un muestreo sistemático donde evaluamos la diversidad taxonómica y funcional de anfibios y reptiles de la región, observamos 21 renacuajos de *T. spinosus* en una cavidad, en el interior de una grieta de roca caliza. La grieta donde se registró el pequeño cuerpo de agua con los renacuajos se encontraba a 1,63 m sobre el sustrato. La grieta presentaba una forma irregular (Fig. 1A), con longitud de 2 m, apertura de 12 mm y profundidad de 20 cm aproximadamente (Fig. 1A). En su interior, se observó una cavidad donde fueron encontrados los renacuajos. En la parte de grieta donde se encontró la cavidad, la entrada tenía forma de un triángulo invertido (Fig. 1A), de 71 mm y 46 mm de longitud en sus ejes vertical y horizontal respectivamente. El interior de la cavidad era circular con un diámetro de 172 mm, una profundidad de 30 mm (Fig. 1B, C) y un volumen estimado de 700 ml aproximadamente. El estadio de

desarrollo de los 21 renacuajos se determinó siguiendo a Gosner (1960), los cuales corresponden a cuatro en estadio 30, seis en 40, y 11 en 41. Posteriormente, se obtuvieron medidas morfológicas (longitud del cuerpo, ancho del cuerpo, longitud de la cola, altura del músculo de la cola, altura total de la cola y longitud total) de dos renacuajos de mayor tamaño para los estadios 40 y 41, y el ejemplar del estadio 30 (Tabla 1). Las medias morfológicas se obtuvieron con una cinta métrica (precisión 0.5 mm) usando guantes desechables de nitrilo para el manejo y medición de los ejemplares. Los cinco ejemplares fueron devueltos a la cavidad después de la toma de las medidas morfológicas.

Nuestros datos morfométricos adicionan un estadio intermedio (30) a los previamente conocidos en la literatura (estadios 25, 33, 36 y 38; Duellman, 2001) y estadios más avanzados (estadios 40 y 41; Tabla 1), y dejan en evidencia un incremento gradual en el tamaño corporal de los renacuajos. El patrón de coloración en los estadios 40 y 41 permitió identificar la especie al ser rasgos que se conservan en individuos adultos y al no haber registros de especies simpátricas con rasgos similares en la zona. En estos estadios los renacuajos presentan un diseño de bandas transversales oscuras sobre las extremidades traseras, puntos negros sobre la región dorsal del cuerpo y una línea negra o más oscura que la coloración dorsal, que va desde los ojos hasta la punta del hocico (Fig. 1C). Es importante mencionar que, aunque no registramos ejemplares adultos en las inmediaciones de la grieta, sí observamos adultos y jóvenes en la misma localidad, siendo el registro más cercano a 110 m (en línea recta) (Fig. 2).

Table 1. Morphological data (mean +/- standard deviation and interval in parentheses) of *Tripurion spinosus* tadpoles in different developmental stages (Gosner 1960). Asterisk (*), measurements taken from Duellman (2001).

Tabla 1. Datos morfométricos (promedios ± desviación estándar e intervalo entre paréntesis) de renacuajos de *Tripurion spinosus* en diferentes estadios de desarrollo (Gosner 1960). Asterisco (*), medidas obtenidas de Duellman (2001).

Carácter	25*	33*	30 (n=1)	36* (n=4)	38* (n=1)	40 (n=2)	41 (n=2)
Longitud cuerpo	7.2 (6.8-8.8)	11.7 (10.5-12.5)	13	15.3	17.1	18.6 ± 0.85 (18.1-19.2)	22.85 ± 2.33 (21.2-24.5)
Ancho cuerpo	---	---	9.5	---	---	15 ± 2.83 (13-17)	22.25 ± 8.13 (16.5-28)
Longitud cola	---	---	15.5	---	---	27.25 ± 2.47 (25.5-29)	36 ± 11.31 (24-28)
Altura músculo de la cola	---	---	2.9	---	---	4.6 ± 1.98 (3.2-6)	6.7 ± 0.28 (6.5-6.9)
Altura total de la cola	---	---	3.3	---	---	6.25 ± 3.18 (4-8.5)	14.5 ± 2.12 (13-16)
Longitud total	19.7 (18.0-22.8)	27.5	28.5	---	45.3	45.85 ± 3.32 (43.5-48.2)	48.85 ± 5.17 (45.2-52.5)





Figure 2. *Tripriion spinosus* adult recorded in locality of Emiliano Zapata, San José Tenango, Oaxaca (18.179404° N, 96.60651° W, Datum WGS84; 554 m a.s.l.) approximately 110 m (by air) from the pool with recorded tadpoles. Photo: Leopoldo D. Vázquez-Reyes.

Figura 2. Ejemplar adulto de *Tripriion spinosus* registrado en la localidad de Emiliano Zapata, San José Tenango, Oaxaca (18.179404° N, 96.60651° W, Datum WGS84; 554 m s.n.m.) a aproximadamente 110 m (por aire) de la poza con renacuajos registrados. Foto: Leopoldo D. Vázquez-Reyes.

La Sierra Mazateca se caracteriza por su paisaje kárstico, formado debido a su alta cantidad de afloramientos de roca caliza y elevados porcentajes de humedad ambiental y precipitación a lo largo del año (Villegas-García et al., 2015). Las cavidades kársticas son formadas por la meteorización de la roca caliza producto de la filtración y goteo de agua (Estrada-Medina et al., 2013). En este hallazgo aportamos evidencia de que *T. spinosus* puede aprovechar los pequeños cuerpos de agua formados en dichas cavidades para reproducirse, aunque no descartamos que también utilice cavidades en árboles y/o bromelias de la zona. Es posible que los parámetros fisicoquímicos del agua en las cavidades en la vegetación (árboles y bromelias) sean diferentes a las cavidades en roca, especialmente en valores de temperatura, oxígeno disuelto, conductividad y pH. Diferencias en parámetros fisicoquímicos del agua podrían provocar que los renacuajos presenten una respuesta diferencial probablemente reflejada en el tiempo o talla de desarrollo entre individuos (McDiarmid

& Altig, 1999). Además, también pueden existir preferencias de adultos por sitios específicos para la reproducción. La selección del microhábitat por parte de los adultos para la reproducción, así como las respuestas de renacuajos a diferentes condiciones ambientales del medio en el que crecen sugieren líneas de investigación a futuro.

Renacuajos en estadios de desarrollo desfasados en *T. spinosus* han sido observados anteriormente durante la reproducción en cautiverio (Jungfer, 1996) y en vida libre (Duellman, 2001). Esta diferencia en el desarrollo larval se ha relacionado principalmente con la edad y alimentación, es decir, aquellos individuos que nacen primero se alimentan de huevos infértiles e inclusive de huevos fértiles, y tienen una tasa de desarrollo más elevada que otros renacuajos que habiten la poza (Jungfer, 1996). Esto podría implicar que en un ambiente tan restrictivo por el bajo volumen de agua donde se desarrollan, los renacuajos de menor talla o

etapa de desarrollo no logren la metamorfosis, mostrando una tasa de reclutamiento más baja que otras ranas arborícolas (e.g. *Smilisca cyanosticta*, *S. baudinii*) con las que pueden coexistir. En comparación con otros hílidos, *T. spinosus* es una especie poco registrada en vida silvestre (Cerón-De la Luz et al., 2020), lo cual deriva en que la información disponible sobre su historia natural sea escasa y parte de la información sobre su reproducción provenga de su mantenimiento en cautiverio (Karl-Heinz, 1996; Cerón-De la Luz et al., 2020). Teniendo en cuenta que *T. spinosus* presenta una tendencia poblacional en declive y que los bosques tropicales perennifolios y nublados que habita se encuentran amenazados por la pérdida de hábitat en México, un incremento del conocimiento sobre su historia natural, biología y ecología, favorecerá el desarrollo de estrategias específicas para su conservación.

Agradecimientos.— Agradecemos a Jonathan Herrera Canseco, Zuleima Tovar Castillo, Irene Castillo Castañeda, Eleuterio Zenteno Ramírez y Abad Tovar Castillo por su apoyo en el trabajo de campo. Al señor Angelo Martínez Lazaro, comisario de bienes comunales de Emiliano Zapata por la autorización para desarrollar el trabajo de campo. Agradecemos los comentarios de dos revisores anónimos que ayudaron a mejorar nuestro manuscrito. El Proyecto PAPIIT No. IA209820 brindó facilidades para el trabajo de campo. BioPic (Biosphera Picture A.C.) brindó apoyo logístico para la obtención y uso de la fotografía de LDVR. Se utilizó el permiso de colecta No. FAUT-0374 para el manejo de ejemplares. MSC agradece la beca No. 2022-000018-02NACF-01509 al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología para estudios de maestría.

LITERATURA CITADA

- Cerón-De la Luz, N.M., A.I. Contreras-Calvario & F.A. Lara-Hernández. 2020. Observaciones sobre comportamiento y reproducción de *Triprrion spinosus* (Anura: Hylidae) en cautiverio. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 3:49-52.
- Duellman, W.E. 2001. *The Hylid frogs of Middle America*, 2 vols, revised. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Ithaca, New York, USA.
- Estrada-Medina, H., R.C. Graham, M.F. Allen, J.J. Jiménez-Osornio & S. Robles-Casolco. 2013. The importance of limestone bedrock and dissolution karst features on tree root distribution in northern Yucatán, México. *Plant and Soil* 362:37-50.
- Frost, D.R. 2024. *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 6.2. Electronic Database accessible at <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. *American Museum of Natural History, New York, USA*. doi.org/10.5531/db.vz.0001. [Consultado en julio 2024].
- Gosner, K.L. 1960. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. *Herpetologica* 16:183-190.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2020. *Triprrion spinosus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T55296A3028482. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T55296A3028482.en>. [Consultado en julio 2024].
- Jungfer, K.H. 1996. Reproduction and parental care of the coronated treefrog, *Anothea spinosa* (Steindachner, 1864) (Anura: Hylidae). *Herpetologica* 52:25-32.
- McDiarmid, R.W. & R. Altig. 1999. *Tadpoles: the Biology of Anuran Larvae*. The University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Robinson, D.C. 1961. The identity of the tadpole of *Anothea coronata* (Stejneger). *Copeia* 1961:495.
- Taylor, E.H. 1954. Frog-egg eating tadpoles of *Anothea coronata* (Stejneger) (Salientia, Hylidae). *The University of Kansas Science Bulletin* 36:589-596.
- Villegas-García, R., L.F. Vázquez-Vega, I.W. Caviedes-Solis, I. Solano-Zavaleta & O. Flores-Villela. 2015. Estudio herpetofaunístico de la Sierra Mazateca, Oaxaca, México. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. JF058. México D. F. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfJF058.pdf> [Consultado en julio 2024]



USING BIOCLIMATIC INDICATORS TO ANALYSE THE PRESENCE OF CLIMATIC MISMATCHES AMONGST LOCAL AMPHIBIAN ASSEMBLAGES OF AMERICA

USO DE INDICADORES BIOCLIMÁTICOS PARA ANALIZAR LA PRESENCIA DE DESAJUSTES CLIMÁTICOS EN LOS ENSAMBLES LOCALES DE ANFIBIOS EN AMÉRICA

Catalina Smith^{1,2,3*}, Leticia M. Ochoa-Ochoa² & Julián A. Velasco^{3*}

¹Zoology Department, School of Biological Sciences, The University of Manchester, Oxford Road, Manchester, M13 9PL, United Kingdom.

²Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, CP 04510, Mexico City, Mexico.

³Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México, CP 04510, Mexico City, Mexico.

*Correspondence: javelasco@atmosfera.unam.mx; catalina.smith@student.manchester.ac.uk

Received: 2024-01-02. Accepted: 2024-11-19. Published: 2025-03-13.

Editor: Carlos A. Navas, Brasil.

Resumen.— Las especies se enfrentan de forma constante al aumento de la temperatura en las últimas décadas. Esto conduce a un desequilibrio entre las tolerancias térmicas de las comunidades de especies y la magnitud del calentamiento climático. En los casos donde las especies no logran adaptarse a los cambios climáticos, las comunidades exhiben una respuesta retrasada y, por lo tanto, acumulan una deuda climática. La información actual sobre estos desajustes climáticos se concentra principalmente en las comunidades de plantas, insectos y aves en regiones templadas. Aquí, examinamos la variación del desajuste climático en 80 ensambles de anfibios de la familia Hylidae en todo el continente americano. Para nuestros análisis, calculamos el desajuste climático para cada ensamblaje como la diferencia entre los índices de temperatura de la comunidad (ITC) y las temperaturas históricas promedio tanto para los valores máximos como para los mínimos. Utilizando modelos mixtos lineales generalizados, evaluamos un conjunto potencial de variables predictoras ambientales que impulsan los desajustes climáticos. Las tendencias en las respuestas de los ensamblajes eran visibles y variaban según los sitios. Los valores de desajuste climático negativo se concentran en ensamblajes en regiones tropicales sugiriendo que en estos sitios las especies pueden enfrentar dificultades para adaptarse a las temperaturas crecientes, por lo tanto, podrían tener intervalos térmicos más bajos. Los ensamblajes en zonas templadas y subtropicales mostraron desajustes climáticos positivos, lo que sugiere un menor riesgo de extinción hasta el momento. Sin embargo, de todas las variables probadas, solo la latitud absoluta, la elevación y la velocidad climática pasada explicaron el desajuste climático para la temperatura mínimo. Estos resultados podrían sugerir que la escala de nuestra investigación fue demasiado gruesa, por lo que sugerimos que se realicen análisis adicionales a escalas regional y local, así como investigación adicional sobre la compleja naturaleza del retraso climático y las variables que dan forma al efecto de las dinámicas de retraso.

Palabras clave.— Anura, cambio climático, conservación, deuda climática, Hylidae.

Abstract.— Species are facing an ongoing struggle to keep up with rising temperatures. This is leading to a disequilibrium between species communities' thermal tolerances and the magnitude of climatic warming. In cases where species fail to adapt to climatic shifts, they exhibit a lagged response and, therefore, accumulate a climatic debt. Current information is primarily focused on plant, insect, and bird communities in temperate regions. Here, we examine the variation of climatic lag amongst 80 amphibian assemblages from the Hylidae family across America. For our analyses, we calculated the climatic lag for each assemblage as the difference between community temperature indices (CTI) and average historical temperatures for both maximum and minimum values. Using generalized linear mixed models, we evaluated a potential set of variables driving climatic debt. Trends in assemblage



responses were visible and varied across sites. Higher lag values were concentrated in southern provinces of America, suggesting that assemblages in these areas may face difficulty in adapting to increasing temperatures, hence lower thermal ranges. Tropical assemblages seemed to be adapting quicker, displaying less lag or, in some cases, climatic credit. However, out of all the tested variables, only changes in evenness and heterogeneity may have an impact on lag. These results could suggest that the scale of our investigation was too large, encouraging further analyses at a regional scale as well as additional research into the complex nature of climatic lag and the variables that shape the lag dynamics effect.

Keywords.— Anura, climate change, climatic debt, conservation, Hylidae.

INTRODUCTION

The scientific literature has widely documented the impacts of climate change across different organizational levels, from genes to ecosystems (Scheffers et al., 2016; Pecl et al., 2017). Diverse responses suggest that contemporary climate change does not impact local assemblages equally (Fei et al., 2017). For instance, local assemblages may react in an idiosyncratic fashion, either benefiting from rapid environmental changes or showing an inability for local adaptation (Stewart, 2009; Barbet-Massin & Jetz, 2015; Bonachela et al., 2021). Many studies have documented how local assemblages have responded to increases in temperature during the last century (Antão et al., 2020; Lenoir et al., 2020; Pacheco-Riaño et al., 2023).

Local assemblages may change through different processes, including changes in species composition, relative abundance, population declines, and local extirpation (Devictor et al., 2008; Bonachela et al., 2021). For instance, it has been detected that enhanced temperatures turn warm-adapted species more common in assemblages relative to cool-adapted counterparts (Devictor et al., 2008; Bertrand et al., 2011; Blonder et al., 2017; Bonachela et al., 2021). This phenomenon is known as thermophilization, and it is strongly linked with the observed thermal niche traits of species in each site (Stevens et al., 2015; Govaert et al., 2021; Rosenblad et al., 2023; Borderieux et al., 2024).

The average thermal niche breadth for species in a given locality can be used as a proxy for the community thermal index (CTI), defined as the community-weighted mean of species' temperature preferences (Bowler & Böhning-Gaese, 2017). Therefore, this approach may provide helpful information about how local assemblage matches historical local climate conditions (Blonder et al., 2017; Bonachela et al., 2021; Duchenne et al., 2021). For instance, local communities can exhibit substantial departures from their CTI values in relation to local temperatures, therefore suggesting climatic mismatches.

Climatic mismatches are measured as the differences between the average of thermal niche breadths for all species inhabiting a site (CTI) and the historical local climatic conditions (Svenning & Sandel, 2013; Blonder et al., 2017; Bonachela et al., 2021).

When differences in climatic mismatches return negative values, local assemblages may be lagging in response to observed local climatic changes, and species so exposed may face higher extinction risk (i.e., climatic debts). By contrast, positive values indicate that local assemblages are keeping in pace with observed local climatic changes and therefore, the extinction risk may be low (i.e., climatic credit) (Svenning & Sandel, 2013; Sunday et al., 2014; Bonachela et al., 2021). The lagged or climatic debts have been commonly reported in the literature in different taxa (Bertrand et al., 2011; Feeley et al., 2020; Zellweger et al., 2020; Richard et al., 2021; He et al., 2023; Pacheco-Riaño et al., 2023). In general, it has been found that landscape heterogeneity, topographical complexity, past climatic velocity, and the degree of temperature increase can explain relatively well the climatic mismatches of many local assemblages (Devictor et al., 2012; Bertrand et al., 2016; Alexander et al., 2018; Feeley et al., 2020; Zellweger et al., 2020; Pacheco-Riaño et al., 2023).

Understanding the dominant factors underlying climatic mismatches, including species traits, environmental conditions, and past climate dynamics, is crucial in anticipating which local assemblages can be more at risk (He et al., 2023). However, many past studies have focused on a subset of taxa on temperate biomes, so that enhanced understanding is needed about how climatic mismatches emerge in other taxonomic groups and the spatial drivers across tropical and subtropical regions. Recent studies have shown that several species are particularly at risk of ongoing climate warming due to life history traits and narrow ecological requirements (Luedtke et al., 2023). Despite increasing assessments of climate change and its effects on amphibian distribution, only about 4% of the 7,477 species of Anura have been assessed to date (Alves-Ferreira et al., 2022). Some species

of amphibians are sensitive indicators of climate repercussions due to their ectotherm condition and link to both terrestrial and aquatic environments (Stuart et al., 2008; Duan et al., 2016). Their highly water-permeable skin means amphibian activity, and migration is vastly dependent on the abiotic factors of their surroundings (Lawler et al., 2010). Physiologically, even minute changes in temperature and moisture may impact negatively amphibians, reinforced by their limited thermal tolerance and restricted dispersal abilities (Smith & Green 2005; Mitchell & Bergmann, 2016). Therefore, this taxon is ideal for investigating whether climatic mismatches may be prevalent amongst local assemblages across different regions (Villaseñor et al., 2017).

Here, we evaluated the presence of climate mismatches within a set of hylid frog communities across the American continent. We used the difference between the community temperature index (CTI) and historical temperature records for each locality to establish whether a local assemblage is lagged or ahead of historical temperature records from 1961–2018. In addition, we tested how different predictor variables, including species traits (e.g., body size), habitat heterogeneity, topography, and past climatic velocity, are associated with climate mismatches across geography. These predictor variables have been used to explain climate mismatches across different taxa and regions (Bertrand et al., 2016; Alexander et al., 2018; Zellweger et al., 2020; Pacheco-Riaño et al., 2023).

MATERIALS AND METHODS

Study area and species

Hylidae is a speciose family of Anura comprising over 1,049 recognized species that are commonly known as treefrogs (Araujo-Vieira et al., 2023). This family is widely distributed across the globe from the Australo-Papuan region to the American continent. The area of interest for our work includes both the Nearctic and Neotropical region, encompassing South and Central America and the Caribbean Islands, which covers a diverse range of habitats, from forest to deserts and montane ecosystems.

Hylidae distribution data

Data on hylid species composition across America was acquired from a compilation created by Wiens et al. (2011) which included literature and museum records from the late 1800s to the early 2000s. We excluded sites with only one species as this was likely due to poor sampling or human impacts. Hence, we have confidence in using their data for our study, selecting 80 sites from the original 123.

Our study used the biogeographic regionalisation of the American continent by Escalante et al. (2021) and Morrone et al. (2022). The selected sites corresponded to 49 different provinces. We compiled the list of all hylid species found at the sites and their species richness. We standardized scientific names to avoid species synonyms, and therefore, species with taxonomic uncertainty were excluded from the analyses ($n = 270$).

Occurrence species records and estimates of climatic thermal tolerance proxies

We gathered occurrence records from the Global Biodiversity Information Facility website (GBIF; <https://doi.org/10.15468/dl.ucqfaw>) for each 270 species at the 80 sites. Any essential climatic data such as latitude and longitude, species name, and occurrence ID was extracted. To improve the accuracy of the created dataset, any records outside the designated area or with geographical ambiguity were removed using different R packages (R Core Team, 2024). Resulting in a compilation of 358,864 unique species locality records.

To calculate thermal tolerance for each species, we acquired bioclimatic data from the WorldClim database version 2 (Fick & Hijmans, 2017), which included the maximum temperature of the warmest month (BIO5) and the minimum temperature of the coldest month (BIO6) for all occurrence records. Average values for each temperature variable (mean BIO5 and mean BIO6) were calculated based on all occurrence records for each hylid species, creating a comprehensive dataset with average temperature values for each of the 270 species. The distribution dataset was then filtered to determine which species were present at each of the 80 sites, thus establishing the species assemblages for each one. The complete procedure is schematized in Fig. 1.

Community Temperature Index and Climate Mismatch

The community temperature index (CTI) was calculated by taking an average of maximum temperatures (mean BIO5) and an average of the average minimum temperatures (mean BIO6) for all the hylid species inhabiting each one of the 80 localities previously refined. To examine the presence of climate mismatches across localities, we subtracted the values of minimum and maximum community temperatures (CTI) from the minimum and maximum local historical temperature values. The historical temperature records for 1961–2018 were extracted for each locality from the CRU-TS database (Harris et al., 2020). Climate mismatches with negative values indicated that local assemblages showed lagged responses to historical temperatures (i.e., climate debts), whereas climate mismatches with positive values indicate that local assemblages showed ahead responses to historical temperatures (i.e., climate credits).



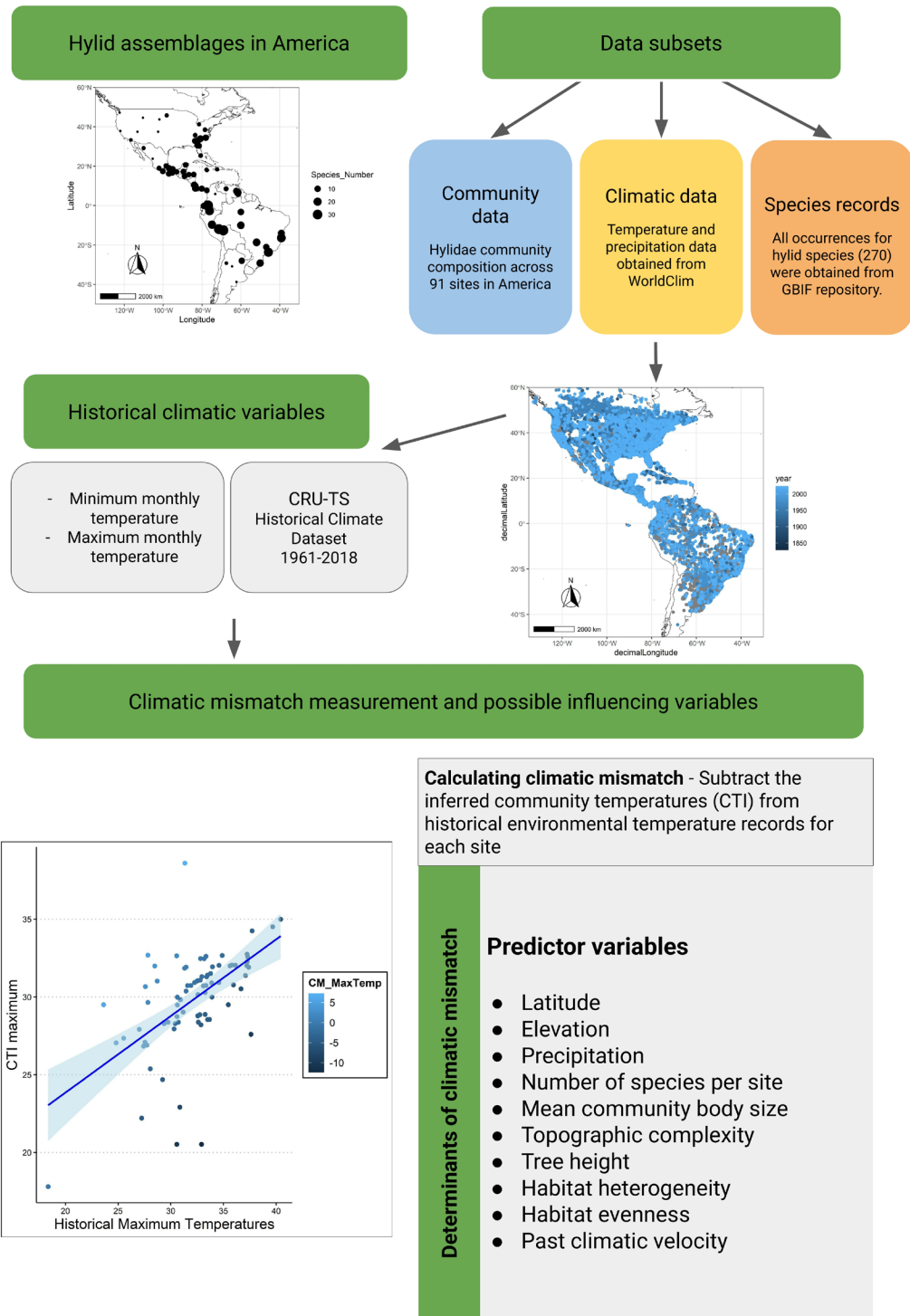


Figura 1. Flujo de trabajo de la metodología de estudio que resume el proceso mediante el cual se obtuvieron los resultados del rezago climático.

Figure 1. Workflow of the methodology, which summarises the process through which climatic lag results were obtained.



Body size data assemblage

Body size data for each hylid species was gathered from various literature sources (see Appendix SI for Supplementary Materials). We used the maximum snout-to-vent length for males (SVL, in mm) for each species; if not possible, we used adult sizes when there was no distinction between sexes. In some cases, we completed the missing species data with an average of maximum SVL of other species in the same genus. The average hylid assemblage size calculation followed the same process as the one used to calculate the bioclimatic indices data.

Environmental variables across local sites

The predictor variables for each site were obtained from a range of different public repositories. Precipitation data were obtained from CHELSA database (Karger et al., 2017). Elevation and roughness were obtained from Amatulli et al. (2018), based on the 250 m GMTED (Global Multi-resolution Terrain Elevation Data) due to their appropriateness for large-scale environmental analyses. Habitat evenness and habitat heterogeneity were obtained from Tuanmu and Jetz (2015) based on the enhanced vegetation index (EVI) at 1-km resolution layers. Past climatic velocity was calculated using Loarie's method (Loarie et al., 2009) with paleoclimatic data at 1.5-minute resolution from Paleoclim database (Brown et al., 2018). Tree height data was extracted from Potapov et al. (2021) which collected information from the Global Ecosystem Dynamics Investigation (GEDI) on canopy height measurements, creating a 30m2 spatial resolution global map.

Statistical analysis

We employed a generalised linear mixed model (GLMM) using the *lmer* function from the *lme4* R package (Bates et al., 2015), with the residual error of the linear function following a Gaussian distribution, to assess which factors drive the geographical variation in climatic mismatch. The minimum and maximum climatic mismatch per community were treated as the response variables in GLMM, and predictors such as absolute latitude, elevation, precipitation, number of hylid species, mean community body size, topography roughness, tree height, habitat heterogeneity, habitat evenness, past climatic velocity were treated as fixed responses. Biogeographic provinces were treated as a random effect. All variables were scaled to mean = 0 and SD = 1 to enable direct comparison of the predictor importance. We checked residuals from models to evaluate whether they adjusted to normality. We plotted the effect size for each predictor to identify key factors that have larger marginal effects on the climatic mismatch across sites. Kruskal-Wallis tests were run to investigate whether the differences in the response amongst provinces differed significantly. We also

conducted GLMM analysis with a few regions using the original classification from Wiens et al. (2011) as a random effect, but the results were highly similar (Fig. S1 and S2), so we only reported results and discussion from the first analyses.

RESULTS

Geographical patterns of climate mismatches for local hylid assemblages

We found that for minimum historical temperatures local hylid assemblages exhibited high positive values for climate mismatches (i.e., climatic credits) especially in North America, north of Argentina and south of Brazil (Fig. 2a). By contrast, negative values for climate mismatches (i.e., climate debts) were mainly distributed across Mexico, Central America, the Andes region in Ecuador and Peru, the Atlantic Forest and Amazonia in Brazil. Negative values for climate mismatches indicate that these assemblages may have been unable to keep up with fast increases in environmental temperatures in the last decade. For maximum local temperatures, we found that most assemblages across the continent showed high climate mismatches (i.e., climatic debts) with a few exceptions in Central America and the east of South America (Fig. 2b).

For minimum temperature, most of the local hylid assemblages exhibited positive climate mismatches (i.e., climatic credits) across biogeographical provinces. Local assemblages in biogeographic provinces in Argentina (Monte, Chaco, and Pampean) and in the United States (Montanian and Saskatchewan) exhibited the highest values of climatic mismatches (above 10 °C) (Fig. 3a). For maximum temperature, the general pattern was opposite, with most assemblages across provinces exhibiting high negative values between 0 and -5 °C (i.e., climate debts) (Fig. 3b). The highest negative values (> 10 °C) were in the Chaco, Monte, and Pampean province located in the southern of South America (Fig. 3b). Most other assemblages maintained a consistent range of climate mismatch between 0 and -5 °C.

Overall, most assemblages were degrees ahead of the anticipated minimum temperature leading to the observed climatic credits. By contrast, with maximum temperatures, we found that many local assemblages were exhibiting negative values for climate mismatch leading to the observed climatic debt. Kruskal-Wallis tests revealed no significant differences in lagged response among the provinces ($p > 0.05$), indicating a general consistency of mismatch for maximum and minimum temperatures.

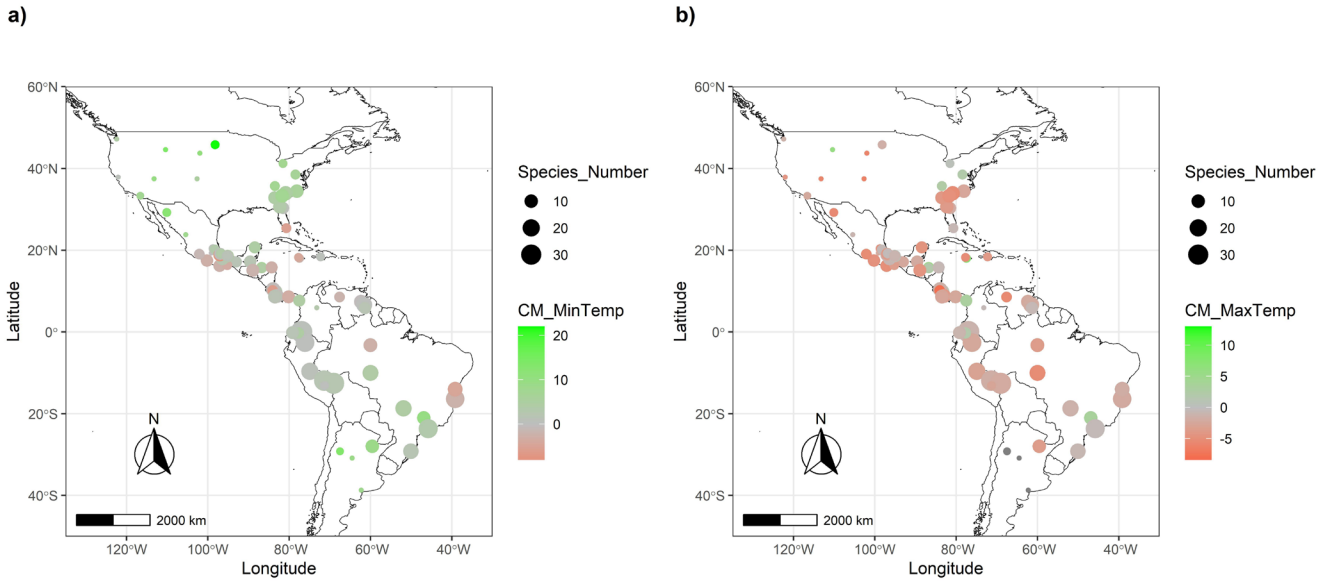


Figura 2. Mapa que muestra la distribución espacial de los desajustes climáticos para las comunidades locales de Hylidae incluidas en este estudio (a) en comparación con las temperaturas históricas máximas por sitio, (b) en comparación con las temperaturas mínimas históricas por sitio.

Figure 2. Map showing the spatial distribution of climate mismatches for the local Hylidae communities included in this study (a) compared to historical maximum temperatures per site, (b) compared to historical minimum temperatures per site.

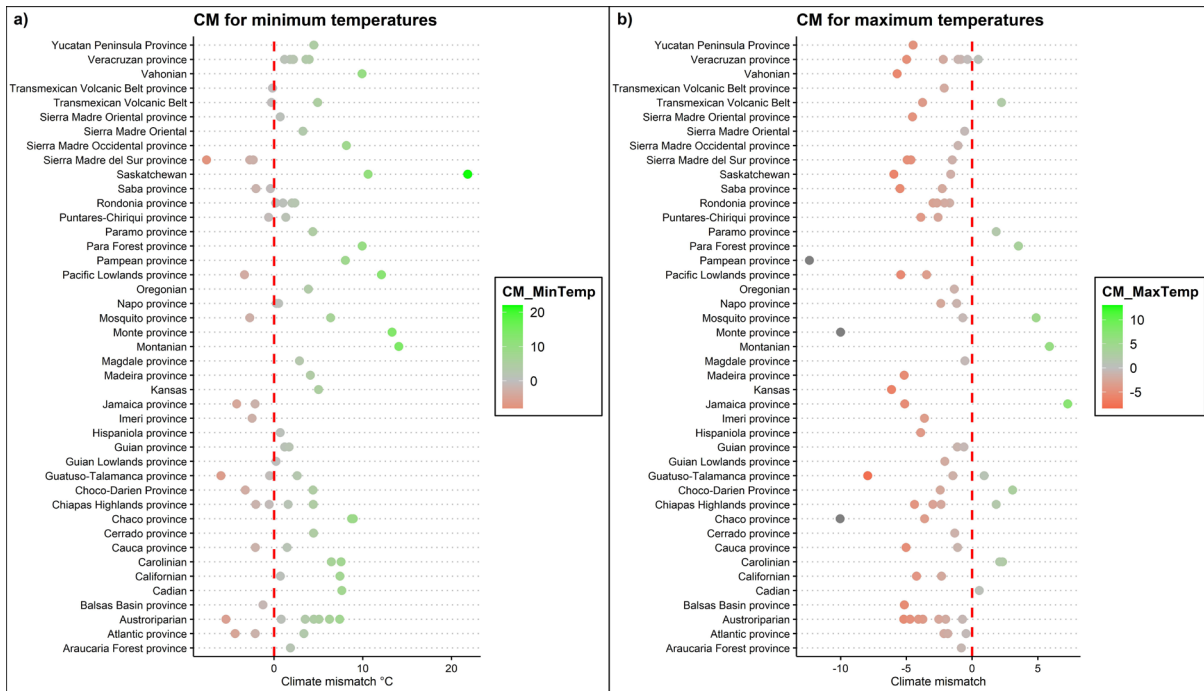


Figura 3. Tendencias del desajuste climático de ensambles locales de hílidos para (a) la temperatura mínima y (b) máxima en diferentes provincias biogeográficas en América. Cualquier valor inferior a cero representa deuda climática, mientras que cualquier valor superior a cero, muestra crédito climático.

Figure 3. Trends in climate mismatches for (a) minimum and (b) maximum temperature across different biogeographical provinces throughout America. Any value below zero demonstrates climatic debt whereas any value above zero shows climatic credit..



Drivers of climate mismatches from local hylid assemblages

Climate mismatches for minimum temperatures across local hylid assemblages were explained by absolute latitude, elevation, past climate velocity, and slightly for body size (Fig. 4a). By contrast, only a marginal effect of body size and precipitation was found for the climate mismatches for maximum temperatures (Fig. 4b). Higher values of climate mismatches, indicating climate debts, for minimum temperatures tend to increase toward extra-tropical sites and high elevations where have occurred rapid climate change since the Last Glacial Maximum (Fig. 4a and 5a). The average body size for hylid assemblages had a relatively mixed effect on the climate mismatches for minimum (positive effect) and maximum temperatures (negative effect) (Fig. 4 and 5).

DISCUSSION

Our study aimed to assess the observed current response of hylid assemblages in the face of increased temperatures in the last four decades across a comprehensive set of localities in the Americas. We quantified climate mismatches for 80 local hylid assemblages, which indicate whether these assemblages are lagged (positive values) or ahead (negative values) of current

historical trends of temperatures. We found a substantial variation across geography and biogeographical provinces of climatic mismatches (Fig. 2 and 3). We detected a positive significant effect of some variables on climate mismatches for minimum temperatures but not for maximum temperatures including absolute latitude, elevation, past climate velocity, and body size (Fig. 4). Other variables were independent of climate mismatches. These results align with previous research on other taxa in tropical areas (Feeley et al., 2020), and suggest that local hylid assemblages increase the ahead response to extratropical areas and most assemblages in tropical ecosystems are in climatic disequilibrium with the current trend in warming.

Climate mismatch variation across geography

Treefrog assemblages had a noticeably lower thermal tolerance for maximum temperatures in sub-tropical regions, which could be attributed to the thermal sensitivity of local assemblages in these areas. While studies have demonstrated the sensitivities of both regions, our results indicate that hylid assemblages in sub-tropical areas may be more susceptible than previously considered. This is evident from their noticeably lower thermal tolerance, reflected in their negative climate mismatch values,

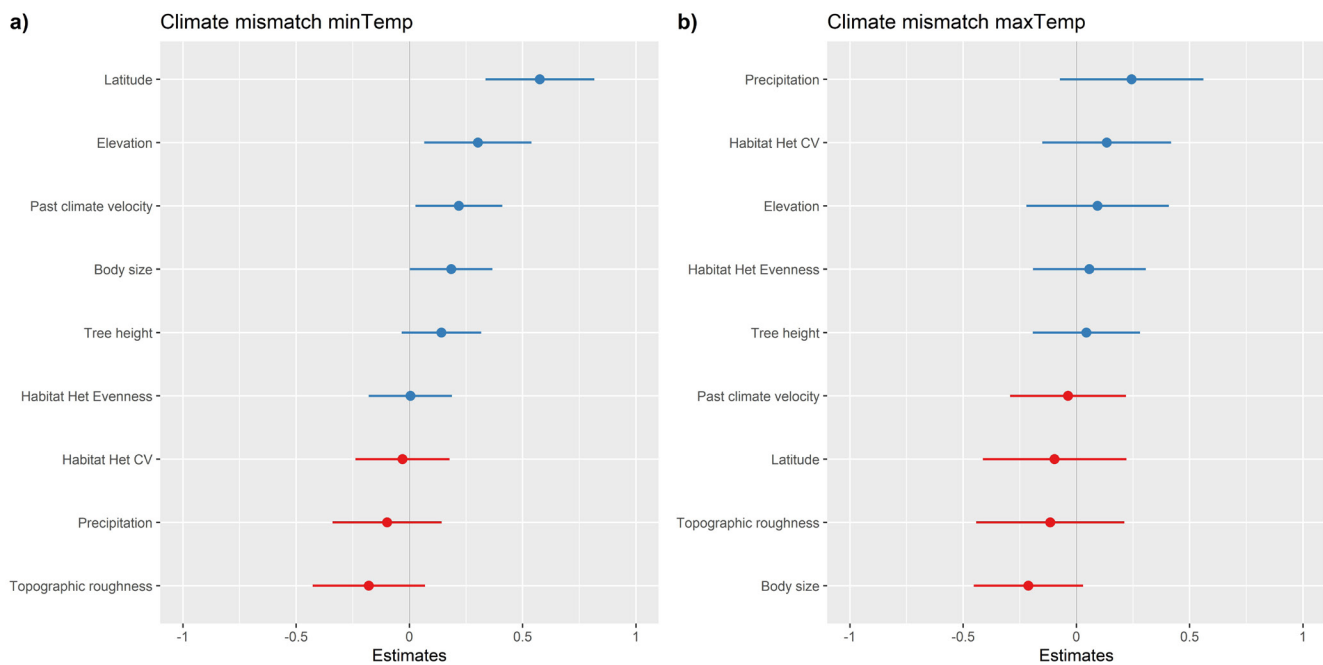


Figura 4. Diagrama de bosque de los tamaños del efecto con intervalos de confianza para cada variable predictiva frente al desajuste climático para (a) temperaturas mínimas y (b) máximas. Los tamaños de efecto fueron estimados usando un modelo lineal generalizado mixto (GLMM). El azul representa un efecto positivo y el rojo es un efecto negativo..

Figure 4. Forest plot of effect sizes with confidence intervals for each predictor variable against climate mismatches for minimum (a) and maximum (b) temperatures estimated from a generalized linear mixed model (GLMM). Blue represents a positive effect, and red represents a negative effect.

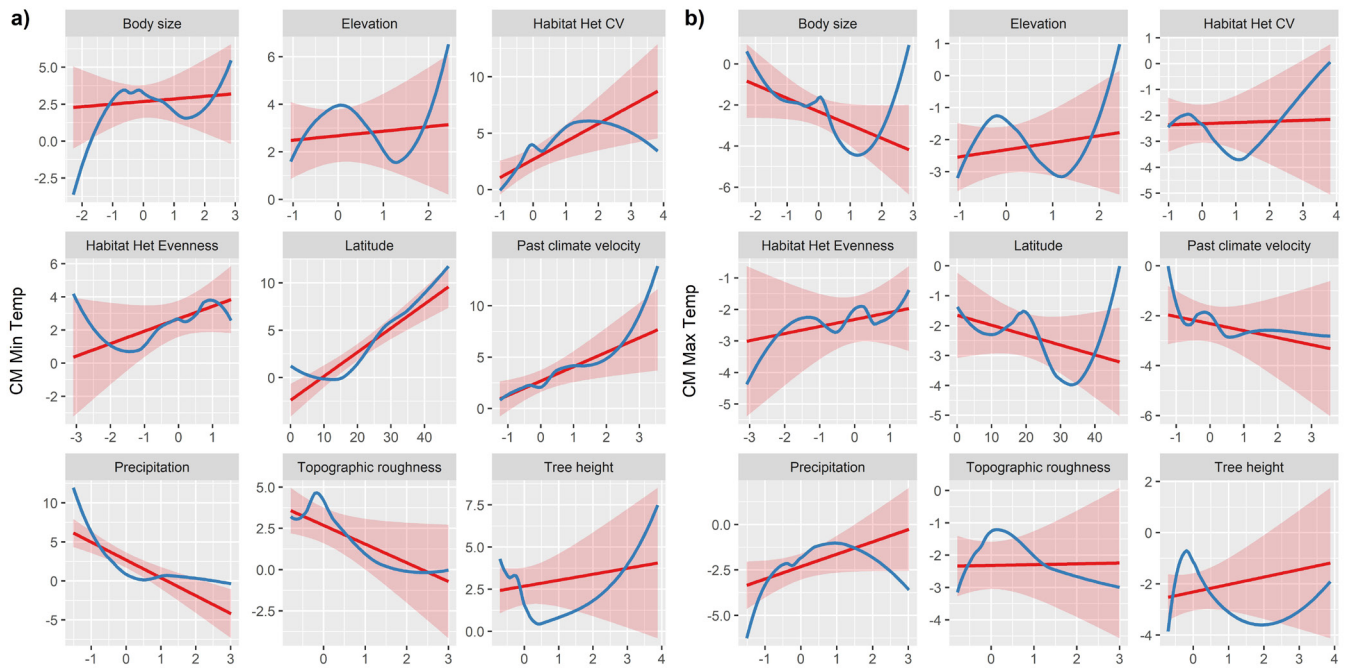


Figura 5. Diagrama de diagnóstico de cada variable predictora sobre el desajuste climático para (a) temperaturas mínimas y (b) máximas obtenidos del ajuste del modelo lineal generalizado mixto (GLMM). La línea roja corresponde a los valores ajustados y el área roja corresponde al intervalo de confianza. La línea azul corresponde a una línea suavizada de un modelo de regresión local (loess). Ver texto principal para mayor información.

Figure 5. Diagnostic-plots of each predictor variable on the climate mismatch for (a) minimum and (b) maximum temperatures obtained from a fitted generalized linear mixed model (GLMM). Red line corresponds to fitted values and the shaded red area correspond to the interval confidence. Blue line corresponds to a loess-smoothed line. See text for further information..

suggesting lagged responses for maximum local temperatures. Another possibility is a potential decrease in the margin of tolerance for heat and stress, which could have long-term impacts on hylid populations and their performance (Pottier et al., 2022). These findings support the hypothesis that local amphibian assemblages are likely not showing fast responses to contemporary climate change (Subba et al., 2018). Prior research proposes that thermal tolerances for tropical ectotherms correspond more closely with the temperature conditions they experience, unlike sub-tropical species. This may imply that there is a greater degree of local adaptation to contemporary temperature in the tropics (Feder & Lynch, 1982; Navas-Martín et al., 2022), which could clarify why tropical assemblages in our results show less drastic temperature mismatches than those in sub-tropical zones, particularly for maximum local temperatures. However, it is important to note that both tropical and sub-tropical assemblages are experiencing changes and suffering from the impacts of ongoing climate change (Polato et al., 2018). These findings contrast with certain other studies, suggesting that tropical ectotherms face greater risk due to narrower thermal safety margins, meaning a lower tolerance to changing temperatures (Dillon et al., 2010; Deutsch et al.,

2018; Kitudom et al., 2022). Some studies also propose that sub-tropical species may have a greater response-ability to shift the timing of seasonal life process (Sunday et al., 2011). These hypotheses regarding the sensitivity of tropical and sub-tropical species to climate change are still under debate, and further studies are necessary before a conclusion can be reached.

The biological consequences of climate change are expected to increase with latitude, corresponding to high-temperature increases (Deutsch et al., 2018). We found that sub-tropical provinces such as Monte, Chaco, and Pampean exhibited negative climate mismatch values consistent with the assumption that these assemblages are exposed to the most under changing climatic conditions. Our findings support the hypothesis that latitudinal factors (e.g., seasonality) may play a role in shaping the responses of local assemblages to ongoing temperature increases, at least for minimum temperatures (Sinai et al., 2022). These regions, known for agriculture and livestock production, have some of the driest grasslands in the country and are known to be particularly threatened globally (Namkhan et al., 2021). Since the early 2000s, they have been hotspots for agricultural land–use change (Piquer-Rodríguez

et al., 2018) and these modifications in land use and cover may continue to affect the ability for hylids to adapt to increasing temperatures by posing limitations to their dispersal abilities, increasing the possibility of population bottlenecks occurring (Schivo et al., 2020). Furthermore, although tree frogs in tropical regions are susceptible to habitat destruction, studies indicate an expansion in their ranges, which may help them evade rising temperatures to a greater extent than their subtropical counterparts (Zumbado-Ulate et al., 2021), or there is a possibility that they are more plastic in terms of adaptability than previously thought.

Despite the varying environmental challenges faced by different assemblages, one of the most significant concerns associated with rising temperatures is evaporative water loss (Withers et al., 1984; Lertzman-Lepofsky et al., 2020). Ectotherms' performance is closely linked to temperature tolerance and evaporative water loss is the primary mechanism for thermal regulation (Le Galliard et al., 2021). Consequently, dehydrated individuals become more sensitive to temperature increases and lose their ability to thermoregulate. Almost all assemblages investigated in this study displayed a lower thermal tolerance margin than expected due to conditions becoming hotter and possibly drier (Greenberg & Palen, 2021), which could explain their lower thermal tolerances and compromise their reproductive abilities and other essential physiological functions (Hoffmann et al., 2021). Furthermore, amphibians tend to seek environments that facilitate hydration, which may be reflected in the debt distribution amongst the investigated assemblages. But there are fantastic exceptions, and amphibians in very dry or seasonal environments show some remarkable adaptations. There is a probability that the local hylid assemblages with the lowest thermal tolerance are simultaneously affected by critical water loss, limited dispersal abilities, and narrow thermal niche breadth.

Predictors of climate mismatches across local assemblages

Prior research has demonstrated a significant effect of predictor variables on the observed climate mismatches of an area, as evidenced by broader confidence intervals (Richard et al., 2021). However, these investigations have been performed mostly on plant communities within more specific regions, potentially minimizing the chance of error. Given this context, it is essential to recognise that studies on plant communities and their results might not be directly comparable to species communities' studies on other taxonomic groups. We found a strong effect of latitude, as previously discussed, and a lesser effect for elevation, past climate velocity, and body size for climate mismatches for minimum temperatures. The body size

and precipitation had a small effect on maximum temperatures, suggesting that it is possible that additional variables related to microclimatic conditions can play a role in controlling how amphibian assemblages respond to different climate axes (minimum and maximum temperatures). For instance, the topographic and habitat variables we included as predictors likely are operating at larger spatial scales and are not able to explain climate mismatches across hylid species assemblages (Bertrand et al., 2011; Devictor et al., 2012; Auffret & Svenning, 2022). The choice of large-scale predictor variables in our study and the lack of consideration of additional functional traits (beyond body size) likely helps to explain why these factors had a minor or non-significant effect in explaining the variation in climate mismatches across local hylid assemblages.

Past climatic velocity, which estimates the speed at which species must move over the surface of Earth to maintain constant climatic conditions since the Last Glacial Maximum (~21,000 years before present; Loarie et al., 2009), serves as a proxy measure of the exposure of an assemblage to climate change rather than a reflection of the impact (Corlett & Westcott, 2013). Amphibians, including hylids, are considered, in general, poor dispersers due to various physiological factors, such as susceptibility to desiccation and their relatively small size, affecting their ability to keep up with environmental temperatures and rendering them particularly vulnerable to the speed of climate change. A significant positive effect of past climatic velocity on climate mismatch trends would be expected, given that amphibian species tend to exhibit lower adaptation rates to climate change and require more time to evolve (Diniz-Filho et al., 2019). Areas that experience extreme climate changes are likely to be those that consequently suffer from increasing past climatic velocities. As a result, the assemblages show lower thermal tolerances and higher debt values. Our results correspond to sub-tropical regions, which undergo greater climatic variation than tropical assemblages. This could be reinforced by fragmentation of natural vegetation cover, further limiting essential functions such as dispersal and adaptation abilities.

LIMITATIONS

Using an extensive dataset, our study is one of the first to analyse climate mismatch in local amphibian assemblages across the American continent. We found significant evidence supporting climatic lagged responses in several localities consistent with previous findings amongst other taxonomic assemblages across the continental region (Kerr et al., 2015; Stephens et al., 2016; Feeley et al., 2020). However, we acknowledge several



methodological limitations associated with the data used in our study, limiting our results and the subsequent conclusions we came to. The lack of statistical significance for several predictor variables in our results may be partially attributed to the scale of our study and the extent of our studied local hylid assemblages. Although we aimed to examine a wide representative area encompassing the entire American continent, further studies at local scales may have been more appropriate for identifying the factors influencing the presence of climatic lagged or ahead responses, for instance, including hylid species abundances and critical thermal traits (CTmin/CTmax).

Additional factors, both evolutionary and physiological, were not considered in this study, and those could influence the accumulation of debt or credit (e.g., the ability of individual species to adapt to ongoing increases in local temperatures; He et al., 2023). While a few studies have provided positive evidence of multiple predictor variables contributing to debt results, these studies were primarily conducted on a regional scale; in sub-tropical regions (Bertrand et al., 2011; Auffret & Svenning, 2022). Long-term monitoring of the effect of climate change on amphibian populations in tropical areas is crucial, as, without it, accurate future projections of climate change impacts on species populations cannot be made.

Despite efforts to limit the scope of our study by investigating only one widely distributed amphibian family, relying on external literature and historical records, hylid data could have introduced inaccuracies into our hylid datasets. Overall, comprehensive data are absent for ectotherms regarding heat-tolerance data and body size. This may be due to poor sampling, particularly in boreal and tropical regions. Additionally, there has been a neglect in considering the interaction between environmental temperatures and water availability (Herrando-Pérez et al., 2023). Regarding body size, shrinking is a typical species response to climate warming. Therefore, if this response applies to hylids, variation amongst the continent would be expected to be seen as smaller body sizes tend to mean a lower metabolic rate and lower energy demands. In a broader perspective, this could be deemed a more effective adaptation mechanism to a warming world. It can be reasonably anticipated that this response could become pervasive, thereby being termed the third universal response to warming (Daufresne et al., 2009; Gardner et al., 2011). However, the limited availability of body size data impeded our ability to analyse any trends in body size as a response to climate change in different localities. Therefore, future investigations or reanalyses should incorporate more accurate body size data in relation to climatic debt.

While this temporal mismatch is undeniable, it is necessary to identify the specific bioclimatic variables that hinder assemblages' ability to cope with increasing temperatures to project the impact of climate change accurately. Future studies could adopt a similar methodology to understand climatic debt and its contributing factors and formulate possible solutions, focusing on the interaction between local and regional scales.

CONCLUSIONS

Our study provides evidence supporting the hypothesis of climate disequilibrium across local assemblages of hylid frogs in America. The climate disequilibrium is reflected in the considerable variation of climate mismatch values, suggesting that many local assemblages show a mix of responses to contemporary climate change. We found that hylid assemblages in sub-tropical areas exhibit a lag response for maximum temperatures, suggesting a restricted thermal safety margin for these species. We recommend that future studies continue to develop realistic reflections of community responses to climate change, addressing the limitations that currently exist in data that may have constrained our study. With growing concerns regarding how species will respond to climate change, it is necessary to start detangling the complex web of factors that impact a species' response. Our research hopefully sheds light on how there is a requirement to prioritize research on climate mismatch, with particular emphasis on tropical regions of the planet. Highlighting the importance of continued species data collection in the field for enhanced accuracy in similar future projects. Such records could provide invaluable insights into biotic responses to climate change and aid in predicting future responses while also comparing them to historical records. After all, by recognising and understanding what communities need prioritizing and the underlying reasons why, we can help create future guidelines for global biodiversity conservation.

Acknowledgments.- The authors thank the funding from a DGAPA-PAPIIT project IA206523.

LITERATURE CITED

- Alexander, J.M., L. Chalmardrier, J. Lenoir, T.I. Burgess, F. Essl, S. Haider, C. Kueffer, K. McDougall, A. Milbau, M.A. Nunez, A. Pauchard, W. Rabitsch, L.J. Sanders & L. Pellisier. 2018. Lags in the response of mountain plant communities to climate change. *Global Change Biology* 24:563-579.
- Alves-Ferreira, G., D.C. Talora, M. Solé, M.J. Cervantes-López & N.M. Heming. 2022. Unraveling global impacts of climate change



- on amphibians' distributions: a life-history and biogeographic-based approach. *Frontiers in Ecology and Evolution* 10:987237.
- Amatulli, G., S. Domisch, M.N. Tuanmu, B. Parmentier, A. Ranipeta, J. Malczyk & W. Jetz. 2018. A suite of global, cross-scale topographic variables for environmental and biodiversity modelling. *Scientific Data* 5:1-15.
- Antão, L.H, A.E. Bates, S.A. Blowes, C. Waldock, S.R. Supp, A.E. Magurran, M. Dornelas & A.M. Schipper. 2020. Temperature-related biodiversity change across temperate marine and terrestrial systems. *Nature Ecology & Evolution* 4:927-933.
- Araujo-Vieira, K., A.C. Lourenço, J.V.A. Lacerda, M.L. Lyra, B.L. Blotto, S.R. Ron, D. Baldo, M.O., Pereyra, Á.M. Suárez-Mayorga, D. Baêta, R.B. Ferreira, C.L. Barrio-Amorós, C. Borteiro, R.A. Brandão, C.A. Brasileiro, M.A. Donnelly, M.J.M. Dubeux, J. Köhler, F. Kolenc, F.S. Fortes Leite, N.M. MacIel, I. Nunes, V.G.D. Orrico, P. Peloso, T.L. Pezzuti, S. Reichle, F.J.M. Rojas-Runjaic, H.R. Da Silva, M.J. Sturaro, J.A. Langone, P.C.A. Garcia, M.T. Rodrigues, D.R. Frost, W.C. Wheeler, T. Grant, J.P. Pombal, C.F.B. Haddad & J. Faivovich. 2023. Treefrog diversity in the Neotropics: phylogenetic relationships of Scinaxini (Anura: Hylidae: Hylinae). *South American Journal of Herpetology* 27:1-143.
- Auffret, A.G. & J.C. Svenning. 2022. Climate warming has compounded plant responses to habitat conversion in northern Europe. *Nature Communications* 13:7818.
- Barbet-Massin, M. & W. Jetz. 2015. The effect of range changes on the functional turnover, structure, and diversity of bird assemblages under future climate scenarios. *Global Change Biology* 21:2917-2928.
- Bates, D., M. Maechler, B. Bolker & S. Walker. 2015. Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software* 67:48.
- Bertrand, R., J. Lenoir, C. Piedallu, G.R. Dillon, P. De Ruffray, C. Vidal, J.C. Pierrat & J.C. Gégout. 2011. Changes in plant community composition lag behind climate warming in lowland forests. *Nature* 479:517-520.
- Bertrand, R., G.R. Dillon, J. Lenoir, J. Drapier, P.D. Ruffray, J.C. Gégout & M. Loreau. 2016. Ecological constraints increase the climatic debt in forests. *Nature Communications* 7:12643.
- Blonder, B., D.E. Moulton, J. Blois, B. J. Enquist, B.J. Graae, M.M. Fauria, B. McGill, S. Nogue, A. Ordonez, B. Sandel & J. Svenning. 2017. Predictability in community dynamics. *Ecology Letters* 20:293-306.
- Bonachela, J.A., M.T. Burrows & M.L. Pinsky. 2021. Shape of species climate response curves affects community response to climate change. *Ecology Letters* 24:708-718.
- Borderieux, J., J.C. Gégout & J.M. Serra-Diaz. 2024. Extinction drives recent thermophilization but does not trigger homogenization in forest understorey. *Nature Ecology & Evolution* 8:695-704.
- Bowler, D. & K. Böhning-Gaese. 2017. Improving the community-temperature index as a climate change indicator. *PloS ONE* 12:e0184275.
- Brown, J.L., D.J. Hill, A.M. Dolan, A.C. Carnaval & A.M. Haywood. 2018. PaleoClim, high spatial resolution paleoclimate surfaces for global land areas. *Scientific Data* 5:1-9.
- Corlett, R.T. & D.A. Westcott. 2013. Will plant movements keep up with climate change? *Trends in Ecology & Evolution* 28:482-488.
- Daufresne, M., K. Lengfellner & U. Sommer. 2009. Global warming benefits the small in aquatic ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106:12788-12793.
- Deutsch, C.A., J.J. Tewksbury, M. Tigchelaar, D.S. Battisti, S.C. Merrill, R.B. Huey & R.L. Naylor. 2018. Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. *Science* 361:916-919.
- Devictor, V., R. Julliard, D. Couvet & F. Jiguet. 2008. Birds are tracking climate warming, but not fast enough. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 275:2743-2748.
- Devictor, V., C. Van Swaay, T. Brereton, L. Brotons, D. Chamberlain, J. Heliölä, S. Herrando, R. Julliard, M. Kuussaari, Å. Lindström, J. Reif, D.B. Roy, O. Schweiger, J. Settele, C. Stefanescu, A. Van Strien, C. Van Turnhout, Z. Vermouzek, M. WallisDeVries, I. Wynhoff & F. Jiguet. 2012. Differences in the climatic debts of birds and butterflies at a continental scale. *Nature Climate Change* 2:121-124.
- Dillon, M.E., G. Wang & R.B. Huey. 2010. Global metabolic impacts of recent climate warming. *Nature* 467:704-706.
- Diniz-Filho, J.A. F., L. Jardim, T.F. Rangel, P.B. Holden, N.R. Edwards, J. Hortal, A.M.C. Santos & P. Raia. 2019. Quantitative genetics of body size evolution on islands: An individual-based simulation approach. *Biology Letters* 15:20190481.



- Duan, R.Y., X.Q. Kong, M.Y. Huang, S. Varela & X.J. 2016. The potential effects of climate change on amphibian distribution, range fragmentation and turnover in China. *PeerJ* 4: e2185.
- Duchenne, F., G. Martin & E. Porcher. 2021. European plants lagging behind climate change pay a climatic debt in the North but are favoured in the South. *Ecology Letters* 24:1178-1186.
- Feder, M.E. & J.F. Lynch. 1982. Effects of latitude, season, elevation, and microhabitat on field body temperatures of neotropical and temperate zone salamanders. *Ecology* 63:1657-1664.
- Feeley, K.J., C. Bravo-Avila, B. Fadrique, T.M. Perez & D. Zuleta. 2020. Climate-driven changes in the composition of new world plant communities. *Nature Climate Change* 10:965-70.
- Fei, S., J.M. Desprez, K.M. Potter, I. Jo, J.A. Knott & C.M. Oswalt. 2017. Divergence of species responses to climate change. *Science Advances* 3:e1603055.
- Fick, S.E. & R.J. Hijmans. 2017. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37:4302-4315.
- Gardner, J.L., A. Peters, M. R. Kearney, L. Joseph & R. Heinsohn. 2011. Declining body size: a third universal response to warming? *Trends in Ecology & Evolution* 26:285-291.
- Govaert, S., P. Vangansbeke, H. Blondeel, K. Steppe, K. Verheyen, y P. D. Frenne. 2021. Rapid thermophilization of understory plant communities in a 9 year-long temperate forest experiment. *Journal of Ecology* 109:2434-2447.
- Greenberg, D.A. & W.J. Palen. 2021. Hydrothermal physiology and climate vulnerability in amphibians. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 288:20202273.
- Harris, I., T.J. Osborn, P. Jones & D. Lister. 2020. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. *Scientific Data* 7:109.
- He, Y., Z. Liao, X. Chen & Y. Chen. 2023. Climatic debts for global amphibians: who, where and why? *Biological Conservation* 279:109929-109929.
- Herrando-Pérez, S., D.R. Vieites & M.B. Araújo. 2023. Novel physiological data needed for progress in global change ecology. *Basic and Applied Ecology* 67:32-47.
- Hoffmann, E.P., K.L. Cavanaugh & N.J. Mitchell. 2021. Low desiccation and thermal tolerance constrains a terrestrial amphibian to a rare and disappearing microclimate niche. *Conservation Physiology* 9:coab027.
- Karger, D.N., O. Conrad, J. Böhner, T. Kawohl, H. Kreft, R.W. Soria-Auza, N.E. Zimmermann, H.P. Linder & M. Kessler. 2017. Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. *Scientific Data* 4:1-20.
- Kerr, J.T., A. Pindar, P. Galpern, L. Packer, S.G. Potts, S.M. Roberts, P. Rasmont, O. Schweiger, S.R. Colla, L.L. Richardson, D.L. Wagner, L.F. Gall, D.S. Sikes & A. Pantoja. 2015. Climate change impacts on bumblebees converge across continents. *Science* 349:177-180.
- Kitudom N., S. Fauset, Y. Zhou, Z. Fan, M. Li, M. He, S. Zhang, K. Xu & H. Lin. 2022. Thermal safety margins of plant leaves across biomes under a heatwave. *Science of the Total Environment* 806:150416.
- Lawler, J.J., S.L. Shafer & A.R. Blaustein. 2010. Projected climate impacts for the amphibians of the Western hemisphere. *Conservation Biology* 24:38-50.
- Le Galliard, J.F., D. Rozen-Rechels, A. Lecomte, C. Demay, A. Dupoué & S. Meylan. 2021. Short-term changes in air humidity and water availability weakly constrain thermoregulation in a dry-skinned ectotherm. *PLoS ONE* 16:e0247514.
- Lenoir J., R. Bertrand, L. Comte, L. Bourgeaud, T. Hattab, J. Muriel & G. Grenouillet. 2020.
- Species better track climate warming in the oceans than on land. *Nature Ecology & Evolution* 4:1044-1059.
- Lertzman-Lepofsky, G., 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.
- Loarie, S.R., P.B. Duffy, H. Hamilton, G.P. Asner, C.B. Field & D.D. Ackerly. 2009. The velocity of climate change. *Nature* 462:1052-1055.
- 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. 2023. Ongoing declines for the world's amphibians in the face of emerging threats. *Nature* 622:308-314.



- Mitchell, A. & P.J. Bergmann. 2016. Thermal and moisture habitat preferences do not maximize jumping performance in frogs. *Functional Ecology* 30:733-742.
- Namkhan, M., G.A. Gale, T. Savini & N. Tantipisanuh. 2021. Loss and vulnerability of lowland forests in mainland Southeast Asia. *Conservation Biology* 35:206-215.
- Navas-Martín, M., J.A. López-Bueno, J. Díaz, F. Follos, J. Vellón, I. Mirón, M. Luna, G. Sánchez- Martínez, D. Culqui & C. Linares. 2022. Effects of local factors on adaptation to heat in Spain (1983-2018). *Environmental Research* 209:112784.
- Pacheco-Riaño, L.C., F.H. Schei, S. G.A. Flantua & J.A. Grytnes. 2023. Lags in the response of plant assemblages to global warming depends on temperature-change velocity. *Global Ecology and Biogeography* 32:719-733.
- Pecl, G.T., M.B. Araújo, J. D. Bell, J. Blanchard, T.C. Bonebrake, I.C. Chen, T.D. Clark, R.K. Colwell, F. Danielsen, B. Evengard, L. Falconi, S. Ferrier, S. Frusher, R.A. Garcia, R.B. Griffis, A.J. Hobdat, C. Janion-Scheepers, M.A. Jarzyna, S. Jennings, J. Lenior, H.I. Linnetved, V.Y. Martin, P.C. McCormack, J. McDonald, N.J. Mitchell, T. Mustonen, J.M. Pandolfi, N. Pettorelli, E. Popova, S.A. Robison, B.R. Scheffers, J.D. Shaw, C.J. Sorte, J.M. Strugnelli, J.M. Sundau, M.N. Tuanmu, A. Verges, C. Villanueva, T. Wernberg, E. Wapstra & S.E. Williams. 2017. Biodiversity redistribution under climate change: impacts on ecosystems and human well-being. *Science* 355: eaai9214.
- Piquer-Rodríguez, M., V. Butsic, P. Gärtner, L. Macchi, M. Baumann, G. Gavier Pizarro, J.N. Volante, I.N. Gasparri & T. Kuemmerle. 2018. Drivers of agricultural land-use change in the Argentine Pampas and Chaco regions. *Applied Geography* 91:111-122.
- Polato, N.R., B.A. Gill, A.A. Shah, M.M. Gray, K.L. Casner, A. Barthelet, P.W. Messer, M.P. Simmons, J.M. Guayasamin, A.C. Encalada, B.C. Kondratieff, A.S. Flecker, S.A. Thomas, C.K. Ghalambor, N. LeRoy Poff, W. Chris Funk & K.R. Zamudio. 2018. Narrow thermal tolerance and low dispersal drive higher speciation in tropical mountains. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 115:12471-12476.
- Potapov, P., Li, X., A. Hernandez-Serna, A. Tyukavina, M.C. Hansen, A. Kommareddy, A. Pickens, S. Turubanova, H. Tang, C.E. Silva, J. Armston, R. Dubayah, J.B. Blair & M. Hofton. 2021. Mapping global forest canopy height through integration of GEDI and Landsat data. *Remote Sensing of Environment*. 253:112165.
- Pottier, P., H.Y. Lin, R.R.Y. Oh, P. Pollo, A.N. Rivera-Villanueva, J.O. Valdebenito, Y. Yang, T. Amano, S. Burke, S.M. Drobniak & S. Nakagawa. 2022. A comprehensive database of amphibian heat tolerance. *Scientific Data* 9:1-15.
- RStudio Team. 2023. R Core Team. R: a Language and Environment for Statistical Computing. R, Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>.
- Richard, B., J.-L. Dupouey, E. Corcket, D. Alard, F. Archaux, M. Aubert, V. Boulanger, F. Gillet, E. Langlois, S. Mace, P. Montpied, T. Beauvils, C. Begeot, P. Behr, J. Boissier, S. Camaret, R. Chevalier, G. Decocq, Y. Dumas, R. Eynard-Machet, J. Gegout, S. Huet, V. Malecot, P. Margerie, A. Mouly, T. Paul, B. Renaux, P. Ruffaldi, F. Spicher, E. Thirion, E. Ulrich, M. Nicolas & J. Lenoir. 2021. The climatic debt is growing in the understorey of temperate forests: stand characteristics matter. *Global Ecology and Biogeography* 30:1474-1487.
- Rosenblad, K.C., K.C. Baer & D.D. Ackerly. 2023. Climate Change, tree demography, and thermophilization in western US forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 120:e2301754120.
- Scheffers, B.R., L. De Meester, T.C.L. Bridge, A.A. Hoffmann, J.M. Pandolfi, R.T. Corlett, S.H.M. Butchart, S.H.M., P. Pearce-Kelly, K.M. Kovacs, D. Dudgeon, M. Pacifici, C. Rondinini, W.B. Foden, T.G. Martin, C. Mora, D. Bickford & J.E.M. Watson. 2016. The broad footprint of climate change from genes to biomes to people. *Science* 354: aaf7671.
- Schivo, F., M.C. Mateo-Sánchez, V. Bauni & R.D. Quintana. 2020. Influence of land-use/land-cover change on landscape connectivity for an endemic threatened amphibian (*Argenteohyla siemersi pedersemi*, Anura: Hylidae). *Landscape Ecology* 35:1481-1494.
- Sinai, N., J. Glos, A.V. Mohan, M.L. Lyra, M. Riepe, E. Thöle, C. Zummach & K. Ruthsatz. 2022. Developmental plasticity in amphibian larvae across the world: investigating the roles of temperature and latitude. *Journal of Thermal Biology* 106:103233.
- Smith, M.A. & D.M. Green. 2005. Dispersal and the metapopulation paradigm in amphibian ecology and conservation: are all amphibian populations metapopulations? *Ecography* 28:110-128.
- Stevens, J.T., H.D. Safford, S. Harrison & A.M. Latimer. 2015. Forest Disturbance Accelerates Thermophilization of Understory Plant Communities. *Journal of Ecology* 103:1253-1263.



- Stephens, P.A., L.R. Mason, R.E. Green, R.D. Gregory, J.R. Sauer, J. Alison, A. Aunins, L. Brotons, S.H. Butchart, T. Campedelli, T. Chodkiewicz, P. Chylarecki, O. Crowe, J. Elts, V. Escandell, R.P. Foppen, H. Heldbjerg, S. Herrando, M. Husby, F. Jiguet, A. Lehtikainen, A. Lindström, D.G. Noble, J.Y. Paquet, J. Reif, T. Sattler, T. Szép, N. Teufelbauer, S. Trautmann, A.J. van Strien, C.A. van Turnhout, P. Vorisek & S.G. Willis. 2016. Consistent response of bird populations to climate change on two continents. *Science* 352:84-87.
- Stewart, J.R. 2009. The evolutionary consequence of the individualistic response to climate change', *Journal of Evolutionary Biology* 22:2363-2375.
- Stuart, S.N., M. Hoffmann, J.S. Chanson, N.A. Cox, R. Berridge, P. Ramani & B.E. Young. 2008. *Threatened Amphibians of the World*. IUCN, Conservation International, Lynx Edicions, Arlington, Virginia, USA.
- Subba, B., S. Sen, G. Ravikanth & M.P. Nobis. 2018. Direct modelling of limited migration improves projected distributions of Himalayan amphibians under climate change. *Biological Conservation* 227:352-360.
- Sunday, J.M., A.E. Bates & N.K. Dulvy. 2011. Global analysis of thermal tolerance and latitude in ectotherms. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 27:1823-1830.
- Sunday, J.M., A.E. Bates, M.R. Kearney, R.K. Colwell, N.K. Dulvy, J.T. Longino & R.B. Huey. 2014. Thermal-safety margins and the necessity of thermoregulatory behaviour across latitude and elevation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111:5610-5615.
- Svenning, J.C. & B. Sandel. 2013. Disequilibrium vegetation dynamics under future climate change. *American Journal of Botany* 100:1266-12186.
- Tuanmu, M.N. & W. Jetz. 2015. A global, remote sensing-based characterization of terrestrial habitat heterogeneity for biodiversity and ecosystem modelling. *Global Ecology and Biogeography* 24:1329-1339.
- Villaseñor, N.R., D.A. Driscoll, P. Gibbons, A.J.K. Calhoun & D.B. Lindenmayer. 2017. The relative importance of aquatic and terrestrial variables for frogs in an urbanizing landscape: key insights for sustainable urban development. *Landscape and Urban Planning* 157:26-35.
- Wiens, J.J., R.A. Pyron & D.S. Moen. 2011. Phylogenetic origins of local-scale diversity patterns and the causes of Amazonian megadiversity. *Ecology Letters* 14:643-652.
- Withers, P.C., S.S. Hillman & R.C. Drewes. 1984. Evaporative water loss and skin lipids of anuran amphibians. *Journal of Experimental Zoology* 232:11-17.
- Zellweger, F., P.D. Frenne, J. Lenoir, P. Vangansbeke, K. Verheyen, M. Bernhardt-Römermann, L. Baeten, R. Hedl, I. Berki, J. Brunet, H.V. Calster, M. Chudomelova, G. Decocq, T. Dirnbock, T. Durak, T. Heinken, B. Jaroszewicz, M. Kopecky, F. Malis, M. Macek, M. Malicki, T. Naaf, T.A. Nagel, A. Ortmann-Ajnai, P. Petriz, R. Pielech, K. Reczynska, W. Schmidt, T. Standovar, K. Swierkosz, B. Teleki, O. Vild, M. Wulf & D. Coomes. 2020. Forest Microclimate Dynamics Drive Plant Responses to Warming. *Science* 368:772-775.
- Zumbado-Ulate, H., C.L. Searle, G. Chaves, V. Acosta-Chaves, A. Shepack, S. Salazar & A. García-Rodríguez. 2021. Assessing suitable habitats for treefrog species after previous declines in Costa Rica. *Diversity* 13:577.



APPENDICES

Appendix 1. Datasets and R codes used in this manuscript are available at the following link: <https://figshare.com/s/352a0eo485f35723f6df>.

Apéndice 1. Los conjuntos de datos y códigos R utilizados en este manuscrito están disponibles en el siguiente enlace: <https://figshare.com/s/352a0eo485f35723f6df>.

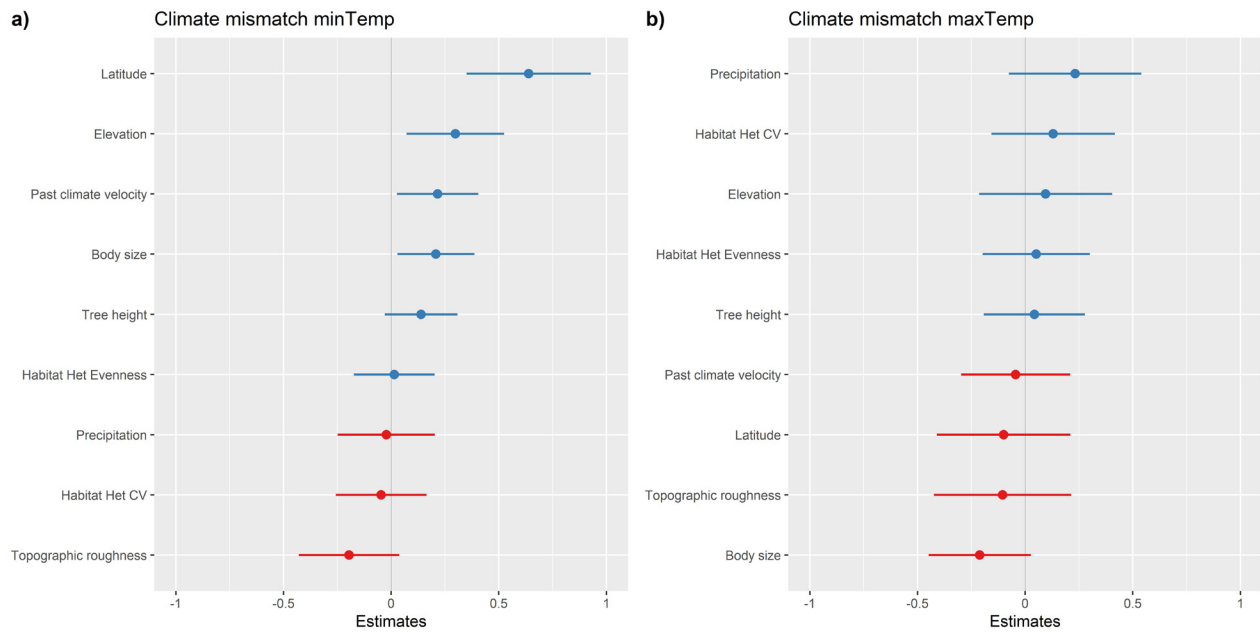


Figura S1. Diagrama de bosque de los tamaños del efecto con intervalos de confianza para cada variable predictiva frente al desajuste climático para (a) temperaturas mínimas y (b) máximas. Los tamaños de efecto fueron estimados usando un modelo lineal generalizado mixto (GLMM). El azul representa un efecto positivo y el rojo es un efecto negativo.

Figure S1. Forest plot of effect sizes with confidence intervals for each predictor variable against climate mismatches for minimum (a) and maximum (b) temperatures estimated from a generalized linear mixed model (GLMM). Blue represents a positive effect, and red represents a negative effect.

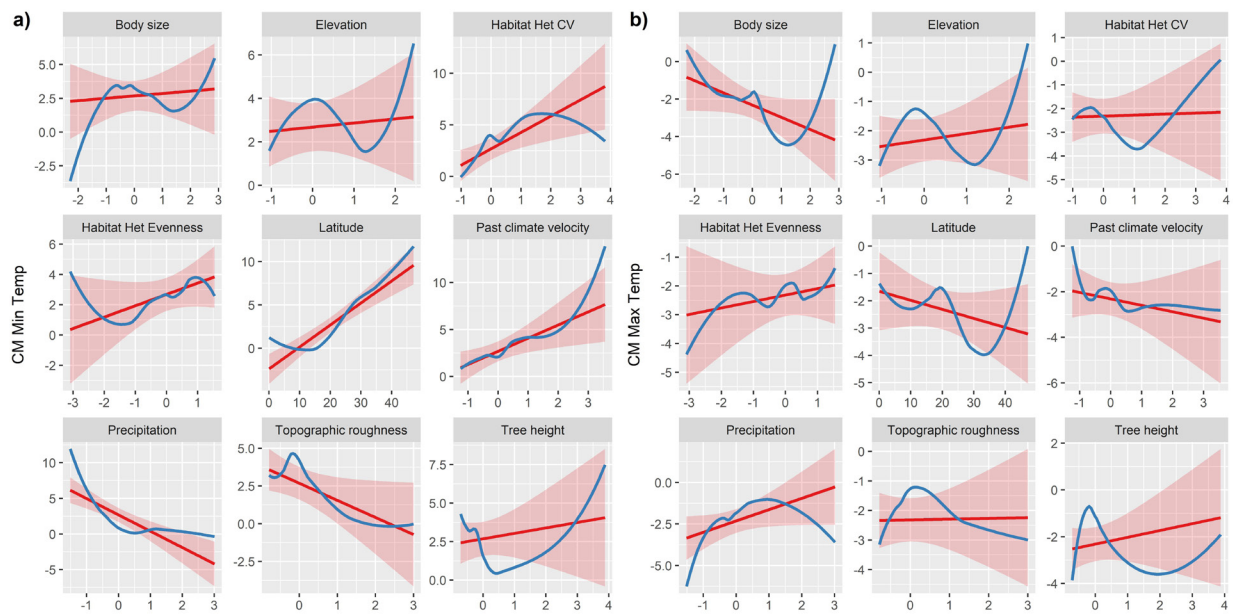


Figura S2. Diagrama de diagnóstico de cada variable predictora sobre el desajuste climático para (a) temperaturas mínimas y (b) máximas obtenidos del ajuste del modelo lineal generalizado mixto (GLMM). La línea roja corresponde a los valores ajustados y el área roja corresponde al intervalo de confianza. La línea azul corresponde a una línea suavizada de un modelo de regresión local (loess). Ver texto principal para mayor información.

Figure S2. Diagnostic-plots of each predictor variable on the climate mismatch for (a) minimum and (b) maximum temperatures obtained from a fitted generalized linear mixed model (GLMM). Red line corresponds to fitted values and the shaded red area correspond to the interval confidence. Blue line corresponds to a loess-smoothed line. See text for further information.



NUEVO REGISTRO MUNICIPAL DE LA SERPIENTE *THAMNOPHIS PULCHRILATUS* (SQUAMATA: NATRICIDAE) EN HIDALGO

NEW MUNICIPAL REGISTER OF THE SNAKE *THAMNOPHIS PULCHRILATUS* (SQUAMATA: NATRICIDAE) IN HIDALGO

Cristopher Manuel Pérez-Sánchez¹ & Sharon Yedid Valdez-Rentería^{2*}

¹Laboratorio de Interacciones Biológicas, Av. del Roble 504, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184 Pachuca, Hidalgo.

²Universidad Intercultural del Estado de México, Libramiento Francisco Villa S/N, Colonia Centro, municipio de San Felipe del Progreso, C.P. 50640. Estado de México, México.

*Correspondence: sharonbiol18@gmail.com

Received: 2024-09-05. Accepted: 2024-11-27. Published: 2025-03-19.

Editor: Irene Goyenechea, México.

México, Hidalgo, Municipio de Mineral de la Reforma, localidad Fraccionamiento Paseos de Chavarría, Rinconada La Joya (20.051528° N, 98.704000° W, Elevación 2,371 m s.n.m.) el 13 de septiembre de 2024 se registró por primera vez para el municipio de Mineral de la Reforma la serpiente listonada *Thamnophis pulchrilatus* (Cope, 1855). Con este registro, se amplía su distribución en el estado de Hidalgo con respecto a las localidades de registro más cercanas que son la Sierra de las Navajas, Epazoyucan, a 13.27 km lineales al Noreste

(Fernández-Badillo et al., 2016) y la Estanzuela, Mineral del Chico, en 14.02 km al Noroeste (Ramírez-Bautista et al., 2010), ambas con relación al punto de registro nuevo (Fig. 1). En respuesta a la llamada de un ciudadano, alrededor de las 17:22 h se localizó una serpiente dentro de un domicilio particular en el Fraccionamiento Paseos de Chavarría. De inmediato, se acudió al lugar para realizar su captura y reubicación. Cabe destacar que el organismo fue manipulado únicamente con la finalidad de reubicarlo, asegurando su bienestar y evitando el riesgo de

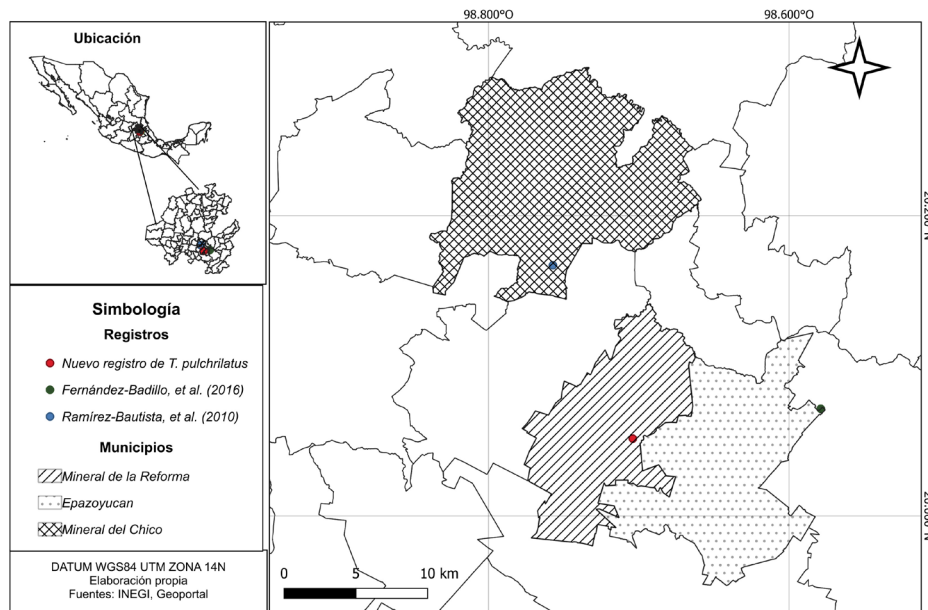


Figure 1. Geographic location of previous records of the snake *Thamnophis pulchrilatus* in the state of Hidalgo and their proximity to the new record derived from this note. Source: Own work. Created by Sharon Yedid Valdez Rentería.

Figura 1. Ubicación geográfica de los registros previos de la culebra *Thamnophis pulchrilatus* en el estado de Hidalgo y su cercanía con el nuevo registro derivado de la presente nota. Elaborada por Sharon Yedid Valdez Rentería.

que pudiera ser dañado o sacrificado. La zona donde se registró el hallazgo está rodeada de matorral xerófilo y campos de cultivo. Tras la captura, la serpiente fue trasladada y liberada en un cerro cercano conocido como “El Chilelete”. El ejemplar presentaba las características diagnósticas de *T. pulchrilatus*, la cual corresponde a las siguientes características: siete escamas supralabiales por lado (raramente ocho), 10 infralabiales (raramente nueve u 11), una loreal, una preocular y 3-4 postoculares (Heimes, 2016; Fig. 2a). El dorso es negro o marrón con dos filas de grandes manchas negras alternadas (las escamas negras tienen quillas

marrones); la franja vertebral es estrecha y de color amarillo brillante; mientras que, las franjas laterales son de color crema o blanco (Rossman et al., 1996; Fig. 2b). Una mancha postocular clara ocupa el extremo anterior de la región temporal, así como los dos postoculares inferiores (Rossman et al., 1996). Las escamas supralabiales son amarillas con bordes o suturas negras; presenta una línea ancha de color negro que se extiende desde la región temporal anterior hasta la parte posterior del cuerpo (Heimes, 2016). El collar nucal no está interrumpido por la franja vertebral. Presenta 19 filas de escamas dorsales cerca de

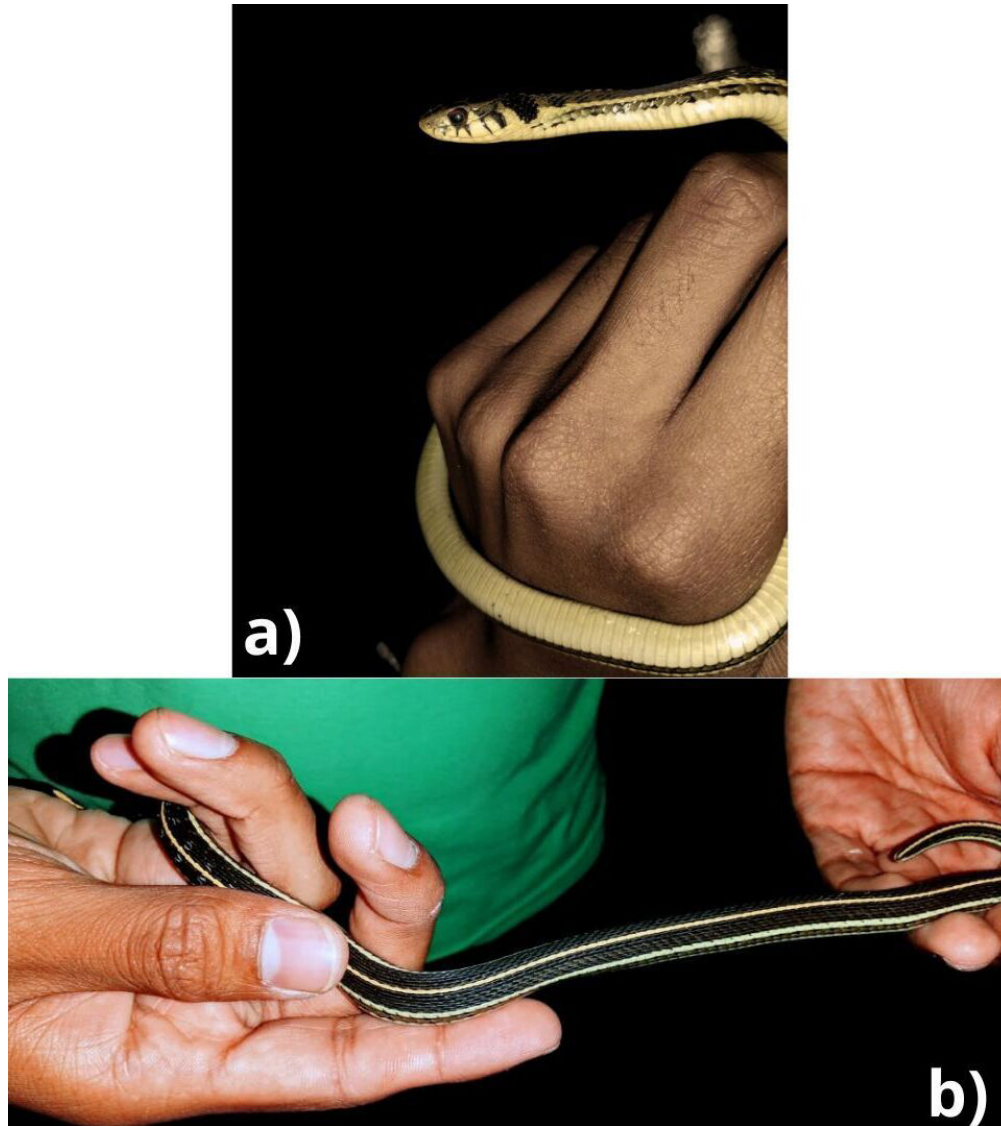


Figure 2. a) Lateral view of *Thamnophis pulchrilatus* specimen showing the number of supralabial and ocular scales; b) dorsal view of *T. pulchrilatus*, showing the characteristic coloration pattern of this species. Photos: Wendy Jazmín Pérez Sánchez.

Figura 2. a) Vista lateral del ejemplar de *Thamnophis pulchrilatus*, en la cual son visibles el número de escamas supralabiales y oculares; b) vista dorsal de *T. pulchrilatus*, donde se observa el patrón de coloración característico de esta especie. Fotos: Wendy Jazmín Pérez Sánchez.

la cabeza (región anterior), mantiene 19 filas en la región media del cuerpo y reduce a 17 filas de escamas hacia la cola (región posterior; Rossman et al., 1996, Ramírez-Bautista et al., 2014).

Las fotografías del ofidio se ingresaron en la Colección Herpetológica del Centro de Investigaciones Biológicas (CH-CIB) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo con números de catálogo CH-CIB 175 y CH-CIB 175b.

Agradecimientos.— Los autores agradecen al señor Edgar Miranda Cataño por proporcionarnos acceso a su casa para la reubicación del ejemplar y del cual deriva la presente nota.

LITERATURA CITADA

Fernández-Badillo, L., C.R. Olvera-Olvera, S.Y. Valdez-Rentería, F. Torres-Ángeles & I. Goyenechea. 2016. New records of *Thamnophis pulchrilatus* (Squamata: Natricidae) from the state of Hidalgo, Mexico. *Mesoamerican Herpetology* 3:519-523.

Heimes, P. 2016. *Herpetofauna Mexicana Vol. I: Snakes of Mexico*. Editorial Chimaira. Frankfurt am Main, Germany.

Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salina, R. Cruz-Elizalde, C. Berriozabal-Islas, D. Lara-Tuñiño, I.G. Mayer-Goyenechea & J.M. Castillo-Cerón. 2014. *Los Anfibios y Reptiles de Hidalgo, México: Diversidad, Biogeografía y Conservación*. Sociedad Herpetológica Mexicana A.C., Pachuca de Soto, Hidalgo, México.

Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, F. Mendoza-Quijano, R. Cruz-Elizalde, B.P. Stephenson, V.D. Vite-Silva & A. Leyte-Manrique. 2010. Lista anotada de los anfibios y reptiles del estado de Hidalgo, México. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pachuca de Soto, Hidalgo, México.

Rossman, D.A., N.B. Ford & R.A. Seigel. 1996. *The Garter Snakes Evolution and Ecology*. University of Oklahoma Press. Norman, Oklahoma, USA.



FIRST DIETARY RECORDS FOR *ERYTHROLAMPRUS GUENTHERI* (COLUBRIDAE): OPHIOPHAGY OF *TANTILLA MELANOCEPHALA* (COLUBRIDAE)

PRIMEROS REGISTROS DE DIETA DE *ERYTHROLAMPRUS GUENTHERI* (COLUBRIDAE): OFIOFAGIA DE *TANTILLA MELANOCEPHALA* (COLUBRIDAE)

Arley Benjamin Hidalgo^{1,2,3}, Alexander Griffin Bentley^{3,4}, Nelson Mesonero³, Cole Miller³, Omar Tello Benalcázar⁵ & Jaime Culebras^{6,7*}

¹Universidad Estatal Amazónica, Puyo, 160101, Ecuador.

²Grupo de Biogeografía y Ecología Espacial, Universidad Regional Amazónica Ikiam, Tena, 150101, Ecuador.

³Waska Amazonía, vía río Anzu km 1 Mera, 160105, Ecuador.

⁴Instituto Nacional de Biodiversidad 341 y Avenida de los Shyris, Quito, Pichincha, Ecuador

⁵Jardín Botánico “Las Orquídeas”, Puyo, 160104, Ecuador.

⁶Photo Wildlife Tours, Quito, Ecuador.

⁷Fundación Cóndor Andino, Quito, Ecuador.

*Correspondence: jaimebio85@gmail.com

Received: 2024-08-11. Accepted: 2024-12-06. Published: 2025-03-19.

Editor: Mauricio Ocampo Ballivian, Bolivia.

Resumen.– La ofiofagia en las serpientes es un comportamiento relativamente común y bien documentado. Algunas especies del género *Erythrolamprus* tienen tendencias ofiófagas. Reportamos la primera evidencia de dieta de *E. guentheri*, con dos eventos de depredación sobre *Tantilla melanocephala*. Estos nuevos registros representan los primeros casos de ofiofagia de *T. melanocephala* por *E. guentheri*, ampliando el conocimiento sobre la historia natural de ambas serpientes. Además, este trabajo es un ejemplo de colaboración entre diferentes organizaciones nacionales y la participación de gente local.

Palabras clave.– Depredación, *Erythrolamprus*, historia natural, serpiente, *Tantilla*.

Abstract.– Ophiophagy in snakes is a relatively common and well-documented behavior. Some species of the genus *Erythrolamprus* have ophiophagous tendencies. We report the first evidence of the diet of *E. guentheri*, with two predation events on *Tantilla melanocephala*. These new records represent the two first cases of ophiophagy of *T. melanocephala* by *E. guentheri*, increasing the knowledge about the natural history of both snakes. Furthermore, this work is an example of collaboration between national organizations and the participation of local people.

Keywords.– *Erythrolamprus*, natural history, predation, snake, *Tantilla*.

Erythrolamprus Boie, 1926 is a snake genus of the family Colubridae containing 56 described species, which are distributed across the Neotropics from Costa Rica to Uruguay and Argentina (Uetz et al., 2023; Torres-Carvajal et al., 2024). Within this genus is the species *E. guentheri* Garman, 1883, a false coral snake native to the Amazon basin and Andean foothills of Ecuador and northern Peru at elevations ranging from 200 to 1,239 m a.s.l. (Peters, 1960; Peters & Orejas-Miranda, 1970; Cisneros-Heredia et al., 2016; Koch et al., 2018). The conservation status of *E. guentheri* is categorized as “Near Threatened” by the Ecuadorian Red List

of Reptiles (Carrillo et al., 2005) and the IUCN list it as “Least Concern” internationally (Cisneros-Heredia et al., 2016). This species, like others of its genus, uses Müllerian mimicry as a defensive strategy (Curcio et al., 2015), simulating the colors and patterns of sympatric species, such as *Micrurus langsdorffi*, *M. steindachneri* (Pazmiño-Otamendi, 2020) and *M. ornatissimus*. On the other hand, some dietary observations for species of genus *Erythrolamprus* indicate that they have ophiophagous tendencies (Marques & Puerto, 1994; Martins & Oliveira, 1998; Bernarde & Abe, 2010; Santos & Vaz-Silva, 2012; Ray & Santana, 2012; Braz &

Marques, 2016; Ricaurte, 2019; Rincón-Aranguri, 2021; Ramírez & Gonzáles, 2022; Zúñiga et al., 2023), however, this note represents the first report of diet and ophiophagy by *E. guentheri* upon *Tantilla melanocephala*.

Tantilla melanocephala (Linnaeus, 1758) is another colubrid with semi-fossorial habits and is distributed from Panama to Uruguay and northeastern Argentina (Passos & Powel, 2019). In Ecuador, the species inhabits the eastern and western foothills of the Andes (Carvajal-Campos & Rodríguez-Guerra, 2020), both in primary and secondary forests and in disturbed areas (Dos Santos-Costa et al., 2006). We herein report 2 cases of predation by *E. guentheri* on *T. melanocephala*, representing the first dietary registries for *E. guentheri* and an additional known predator of *T. melanocephala*.

On 14 November 2016, at 10:32, O.T.B. observed a juvenile *E. guentheri* predating a *T. melanocephala*. The snakes were next to the entrance path of the Botanical Garden “Las Orquídeas”, Puyo, Pastaza province, Ecuador (1.51239° S, 77.97869° W, 928 m a.s.l.). The habitat therein is characterized by intervened areas and secondary forests close to a small population center with relatively high human activity. The *E. guentheri* bit the *T. melanocephala* below the head and neck (Fig. 1). Once the *T. melanocephala* was immobilized, *E. guentheri* began to swallow the prey headfirst (<https://youtu.be/phBDLYWixIc>). It is important to mention that there was some intervention by the local observer trying to get a better shot of the predation, which is why the *E. guentheri* retreated, and the complete consumption was not observed.

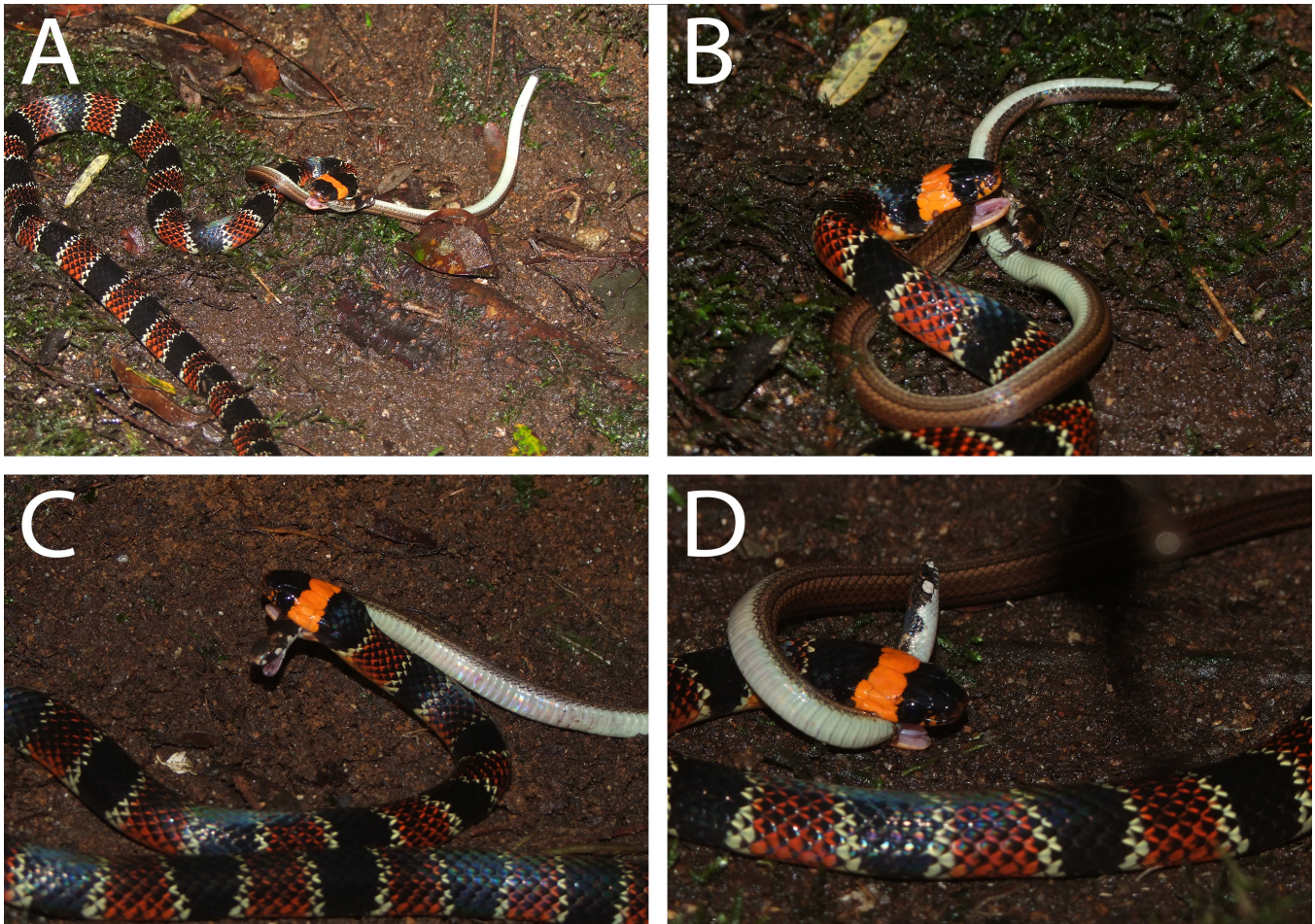


Figura 1. Secuencia de depredación del juvenil de *Erythrolamprus guentheri* sobre la *Tantilla melanocephala* en el Jardín Botánico “Las Orquídeas”, Puyo, provincia de Pastaza, Ecuador. Foto: Omar Tello Benalcázar.

Figure 1. Predation sequence of a juvenile *Erythrolamprus guentheri* on a *Tantilla melanocephala* in “Las Orquídeas” botanical garden, Puyo, Pastaza province, Ecuador. Photo: Omar Tello Benalcázar.

The second observation by C.M. occurred at 14:03 on 5 November 2020, along the “Paseo Turístico” of Puyo, Pastaza province, Ecuador (1.39769° S, 78.06364° W, 943 m a.s.l.). The snakes were in a secondary forest near the Puyo river and in an area with high level of human activity. On this occasion, an adult *E. guentheri* was preying a *T. melanocephala* that was already dead when the observation took place (Fig. 2). The *E. guentheri* dragged its prey to the edge of the trail and began to consume it headfirst. The full duration of consumption was not observed due to the *E. guentheri* left the area with its prey. *Tantilla melanocephala* has been reported as a prey item of *Athene cunicularia* (Monteiro & Motta, 2003), *Latrodectus geometricus* (De Sousa et al., 2007) and *Bothrops atrox* (Bisneto & Kaefer, 2019) adding *E. guentheri* as a further predator.

published by Marques and Puerto (1994), in which they describe bites in any region of the body and retention of the prey through a firm bite for venom inoculation. However, most snakes preyed on by *E. aesculapii* (80.6%) were consumed starting with the tail. Similarly, Braz and Marques (2016) suggest that *E. aesculapii* ingestion starting at the tail constitutes an innate behavior and is not just a consequence of the prey trying to escape, as this behavior is also reported with immobile prey.

Our observations indicate that *E. guentheri* may have diurnal, terrestrial habits with ophiophagous tendencies and possibly a preference for *T. melanocephala*, although more studies are needed to confirm this hypothesis.



Figura 2. *Erythrolamprus guentheri* depredando una *Tantilla melanocephala* en el “Paseo Turístico” de Puyo, provincia de Pastaza, Ecuador. Foto: Cole Miller.

Figure 2. *Erythrolamprus guentheri* preying on a *Tantilla melanocephala* along the “Paseo Turístico” of Puyo, Pastaza province, Ecuador. Photo: Cole Miller.

Ophiophagy within snakes is a relatively common and well-documented behavior (Bonfiglio & de Lema, 2006; Roldan & Lucero, 2009; De Roodt & Lanari, 2015; Valencia et al., 2016; De Oliveira-Jr et al., 2020; Medeiros, 2020; Solórzano López, 2022; Loaiza-Lange et al., 2023). Most ophiophagous snakes initiate ingestion at the head, reducing prey resistance, ingestion time, and energy expenditure (Moon et al., 2019; Medeiros, 2020). Our observations agree with the predation behavior of *E. aesculapii*

Furthermore, these records represent unique and important observations of predator-prey interactions between these species, providing a better understanding of their natural history and the dietary preferences of an uncommon species.

The present work was a collaboration between several national and international organizations, researchers, students and volunteers. It is part of regional efforts to involve and link

the participation of local people and organizations in scientific processes (Bentley et al., 2021; INABIO et al., 2023, Mesonero et al., 2025) promoting open knowledge and the democratization of science, allowing people outside the academic world to contribute to the advancement of scientific knowledge. This is reflected in the participation of the local observers who generated these records as co-authors of this work, reaffirming the value and impact of citizen science. We hope that this note is an example and inspiration for others to get involved in research and citizen science in the Llanganates-Sangay Connectivity Corridor and other parts of Ecuador, Latin America and the world.

Acknowledgements.— We would like to thank local organizations and foundations for supporting our research efforts, in particular Kenku Bamboo, Las Orquídeas Botanical Garden, Sumak Kawsay In Situ and Waska Amazonía, as well as all those whose observations promote valuable citizen science efforts. This work was done under granting research permits MAE-DNB-CM-2016-0045 and NoMAE-DNB-CM-2019-0120.

LITERATURE CITED

- Bentley, A.G., J.P. Reyes-Puig, M.H. Yáñez-Muñoz, F.G. Domínguez & H.U. Sánchez Sarango. 2021. Guía Fotográfica - Herpetofauna del Alto Río Anzu. World Wildlife Fund, Gland, Switzerland.
- Bernarde, P.S. & A.S. Abe. 2010. Hábitos alimentares de serpentes em Espigão do Oeste, Rondônia, Brasil. *Biota Neotropica* 10:167-173.
- Bisneto, P.F. & I.L. Kaefer. 2019. Reproductive and feeding biology of the common lancehead *Bothrops atrox* (Serpentes, Viperidae) from central and southwestern Brazilian Amazonia. *Acta Amazonica* 49:105-113.
- Bonfiglio, F. & T. de Lema. 2006. Ofiofagia em *Liophis miliaris* (Serpentes, Colubridae). *Biociências* 14:221-222.
- Braz, H.B. & O.A.V. Marques. 2016. Tail-first ingestion of prey by the false coral snake, *Erythrolamprus aesculapii*: Does it know where the tail is. *Salamandra* 52:211-214.
- Carrillo, E., S. Aldás, M. Altamirano, F. Ayala, D. Cisneros, A. Endara, C. Márquez, M. Morales, F. Nogales, P. Salvador, M.L. Torres, J. Valencia, M. Yáñez & P. Zárate. 2005. Lista Roja de los Reptiles del Ecuador, 1ª Edición. Fundación Novum Milenium, UICN-Sur, UICN-Comité Ecuatoriano, Ministerio de Educación y Cultura, Quito, Ecuador.
- Carvajal-Campos, A. & A. Rodríguez-Guerra. 2020. *Tantilla melanocephala*, in: Reptiles del Ecuador. Versión 2022.0. <https://bioweb.bio/faunaweb/reptiliaweb/>. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. [Accessed July 2024]
- Cisneros-Heredia, D.F., A. Almendáriz & A. Catenazzi. 2016. *Erythrolamprus guentheri*, in: The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2024.1. <https://www.iucnredlist.org> [Accessed July 2024]
- Curcio, F.F., S. Scali & M.T. Rodrigues. 2015. Taxonomic Status of *Erythrolamprus bizona* Jan (1863) (Serpentes, Xenodontinae): Assembling a Puzzle with Many Missing Pieces. *Herpetological Monographs* 29:40-64.
- DeOliveira-Jr, J.G., K. Ceron, S. Mângia, I.C.O. DaSilva, J.L.M.M. Sugai & D.J. Santana. 2020. Predation on *Amerotyphlops brongersmianus* (Squamata, Typhlopidae) by *Bothrops moojeni* (Squamata, Viperidae) in West Brazil. *Caldasia* 42:150-152.
- De Roodt, A.R. & L.C. Lanari. 2015. Nota de casos de agresión y ofiofagia por *Bothrops jararacussu* (Lacerda 1884) en cautividad. *Acta toxicológica argentina* 23:134-141.
- De Sousa, L., J. Manzanilla & P. Cornejo-Escobar. 2007. Depredación sobre serpiente colúbrida por *Latrodectus cf. geometricus* Koch, 1841 (Araneae: Theridiidae). *Ciencia* 15:410-412.
- Dos Santos-Costa, M.C., A.L. Prudente & M. Di-Bernardo. 2006. Reproductive biology of *Tantilla melanocephala* (Linnaeus, 1758) (Serpentes, Colubridae) from Eastern Amazonia, Brazil. *Journal of herpetology* 40:553-556.
- Instituto Nacional de Biodiversidad, Fundación Ecominga, Sumak Kawsay In Situ, Waska Amazonía. 2023. Anfios y Reptiles del Corredor Ecológico Llanganates-Sangay. Serie de Publicaciones Instituto Nacional de Biodiversidad. Publicación Miscelánea N° 17. World Wildlife Fund, Quito, Ecuador.
- Koch, C., P.J. Venegas, R. Santa-Cruz & W. Böhme. 2018. Annotated checklist and key to the species of amphibians and reptiles inhabiting the northern Peruvian dry forest along the Andean valley of the Marañón River and its tributaries. *Zootaxa* 4385:1-101.
- Loaiza-Lange, A., D. Székely, O. Torres-Carvajal, N. Tinoco, D. Salazar-Valenzuela & P. Székely. 2023. Feeding ecology of the Terciopelo pit viper snake (*Bothrops asper*) in Ecuador. *PeerJ* 11: e14817.



- Marques, O.A.V. & G. Puerto. 1994. Dieta e comportamento alimentar de *Erythrolamprus aesculapii*, uma serpente ofiófaga. *Revista Brasileira de Biologia* 54:253-259.
- Martins, M. & M.E. Oliveira. 1998. Natural history of snakes in forests of the Manaus region, Central Amazonia, Brazil. *Herpetological Natural History* 6:78-150.
- Medeiros, J.D.S. 2020. Serpente como presa de serpentes: revisão do hábito ofiófago. Academic monograph. Centro de Formação de Recursos Humanos para o SUS/SP, Instituto Butantan, São Paulo, Brasil.
- Mesonero, N., A.G. Bentley, H. Sánchez & J. Maxwell-Howard. 2025. Predation of giant earthworms by the Black Groundsnake, *Atractus elaps* (Günther, 1858), in the upper Amazon basin of Ecuador. *Herpetology Notes* 18:111-113.
- Moon, B.R., D.A. Penning, M. Segall & A. Herrel. 2019. Feeding in Snakes: Form, Function, and Evolution of the Feeding System. Pp. 527-574. In V. Bels & I. Whishaw (Eds.), *Feeding in Vertebrates. Fascinating Life Sciences*. Springer, Cham, Switzerland.
- Monteiro, M. & J. Mota. 2003. *Tantilla melanocephala* predation. *Herpetological Review* 34:156-157.
- Passos, P.G.H. & R. Powell. 2019. *Tantilla melanocephala*, in: The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2024.1. <https://www.iucnredlist.org> [Accessed July 2024]
- Pazmiño-Otamendi, G. 2020. *Erythrolamprus guentheri*, in: Reptiles del Ecuador. Version 2022.0. <https://bioweb.bio/faunaweb/reptiliaweb/>. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. [Accessed July 2024]
- Peters, J.A. 1960. The snakes of Ecuador: a check list and key. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College* 122:491-541.
- Peters, J.A. & B. Orejas-Miranda. 1970. Catalogue of the neotropical Squamata: Part I. Snakes. *United States National Museum Bulletin* 297:1-347.
- Ramírez-Jaramillo, S. & G. González. 2022. Revisión de la dieta de *Erythrolamprus aesculapii* (Squamata: Colubridae) y un nuevo registro desde Ecuador. *Neotropical Biodiversity* 8:73-75.
- Ray, J.M. & P. Santana. 2012. *Erythrolamprus mimus* (Striped-bellied false coral snake) Diet. *Herpetological Review* 43:344.
- Ricaurte, J.C.D. 2019. Predation attempt on the Degenhardt's Scorpion-eating Snake *Stenorrhina degenhardtii* (Berthold, 1846) (Serpentes: Colubridae) by the False Coral Snake *Erythrolamprus bizonus* (Jan, 1863) (Serpentes: Dipsadidae) in Caldas, Colombia. *Herpetology Notes* 12:331-333.
- Rincón-Aranguri, M. 2021. *Erythrolamprus bizona* (False Coral Snake). Diet. *Herpetological Review* 52:664-665.
- Roldan, J.S.M. & M.F. Lucero. 2009. A prey item not previously recorded for *Bothrops asper*: a case of ophiophagy involving two sympatric pit viper species/Una presa de *Bothrops asper* no reportada previamente: un caso de ofiofagia que involucra dos especies simpátricas de víboras. *Herpetotropicos: Tropical Amphibians & Reptiles* 5:107-110.
- Santos, D.L. & W. Vaz-Silva. 2012. Predation of *Phimophis guerini* and *Ameiva ameiva* by *Erythrolamprus aesculapii* (Snake: Colubridae). *Herpetology Notes* 5:495-496.
- Solórzano, A. 2022. Serpientes de Costa Rica: Distribución, taxonomía e historia natural, 2ª Edición. Alejandro Solórzano, San José, Costa Rica.
- Torres-Carvajal, O., K.C. Hinojosa & D.A. Pauca. 2024. A New Species of *Erythrolamprus* (Serpentes: Dipsadidae) from the Andes of Ecuador. *Journal of Herpetology* 58:1-11.
- Uetz, P., R. Freed, R. Aguilar, F. Teyes, J. Kudera & J. Hosek (Eds.). 2023. The Reptile Database. <http://www.reptile-database.org>, [Accessed July 2024]
- Valencia, J.H., K. Garzón-Tello & M.E. Barragán-Paladines. 2016. Serpientes Venenosas del Ecuador: Sistemática, Taxonomía, Historia Natural, Conservación, Envenenamiento y Aspectos Antropológicos. Fundación Herpetológica Gustavo Orcés, Quito, Ecuador.
- Zúñiga, J., F. Barrera & M. Maldonado. 2023. Utilizando ciencia ciudadana para ampliar el conocimiento de la dieta ofiófaga de *Erythrolamprus bizona* Jan 1863 (Squamata, Colubridae), con nuevos ítem presa registradas en Colombia. *Boletín Chileno de Herpetología* 10:33-36.



APPENDICES

Appendix 1. Translation of the article to Spanish.

Apéndice 1. Traducción del artículo al español

Erythrolamprus Boie, 1926 es un género de serpientes de la familia Colubridae con 56 especies descritas, que se distribuyen en el Neotrópico desde Costa Rica hasta Uruguay y Argentina. (Uetz et al., 2023; Torres-Carvajal et al., 2024). Dentro de este género se encuentra la especie *Erythrolamprus guentheri* Garman, 1883, una serpiente falsa coral nativa de la cuenca del Amazonas y las estribaciones andinas de Ecuador y el norte de Perú en elevaciones que varían desde 200 a 1,239 m s.n.m. (Peters 1960; Peters & Orejas-Miranda 1970; Cisneros-Heredia et al., 2016; Koch et al., 2018). El estado de conservación de *E. guentheri* está categorizado como “Casi Amenazado” por la Lista Roja de Reptiles de Ecuador (Carrillo et al., 2005) y la UICN la cataloga a nivel internacional como “Preocupación Menor” (Cisneros-Heredia et al., 2016). Esta especie, al igual que otras de su género, utiliza el mimetismo Müllleriano como estrategia defensiva (Curcio et al., 2015), simulando los colores y patrones de especies simpátricas, como *Micrurus langsdorffi*, *M. steindachneri* (Pazmiño-Otamendi, 2020) y *Micrurus ornatissimus*. Por otro lado, algunas observaciones sobre la dieta de especies del género *Erythrolamprus* indican que tienen tendencias ofiófagas (Marques & Puerto, 1994; Martins & Oliveira, 1998; Bernarde & Abe, 2010; Santos & Vaz-Silva, 2012; Ray & Santana, 2012; Braz & Marques, 2016; Ricaurte, 2019; Rincón-Aranguri, 2021; Ramírez & Gonzáles, 2022; Zúñiga et al., 2023), sin embargo, esta nota representa el primer reporte de dieta y ofiofagia en *E. guentheri* sobre *Tantilla melanocephala*.

Tantilla melanocephala (Linnaeus, 1758) es otro colúbrido de hábitos semifosoriales y se distribuye desde Panamá hasta Uruguay y el noreste de Argentina (Passos & Powel, 2019). En Ecuador, la especie habita en las estribaciones del este y oeste de los Andes (Carvajal-Campos & Rodríguez-Guerra, 2020), tanto en bosques primarios como secundarios, así como en áreas degradadas (Dos Santos-Costa et al., 2006). En este trabajo informamos sobre dos casos de depredación de *T. melanocephala* por *E. guentheri*, lo que representa los primeros registros de dieta de *E. guentheri*, además de añadir un depredador adicional a *T. melanocephala*.

El 14 de noviembre de 2016, a las 10:32 h, O.T.B. observó un juvenil de *E. guentheri* depredando a una *T. melanocephala*. Las serpientes estaban junto al camino de entrada del Jardín Botánico “Las Orquídeas”, Puyo, provincia de Pastaza, Ecuador

(1.51239°S, 77.97869°W, 928 m s.n.m.). El hábitat se caracteriza por áreas intervenidas y bosques secundarios cercanos a un pequeño centro poblacional con actividad humana relativamente alta. La *E. guentheri* mordió a la *T. melanocephala* debajo de la cabeza y el cuello (Fig. 1). Una vez la *T. melanocephala* estaba inmobilizada, la *E. guentheri* empezó a engullir a la presa por la cabeza (<https://youtu.be/phBDLYWixIc>). Es importante mencionar que hubo cierta intervención del observador local tratando de tener una mejor visión de la depredación, razón por la cual la *E. guentheri* se retiró y no se observó el consumo completo.

La segunda observación por C.M. tuvo lugar a las 14:03 h del 5 de noviembre de 2020, a lo largo del “Paseo Turístico” de Puyo, provincia de Pastaza, Ecuador (1.39769° S, 78.06364° W, 943 m s.n.m.). Las serpientes estaban en un bosque secundario cercano al río Puyo y en una zona con alto nivel de actividad humana. En esta ocasión, un adulto de *E. guentheri* estaba cazando una *T. melanocephala* que ya estaba muerta cuando se realizó la observación (Fig. 2). La serpiente *E. guentheri* arrastró a su presa hasta el borde del camino y comenzó a consumirla empezando por la cabeza. No se observó la duración total de la ingestión, ya que la *E. guentheri* se fue con la presa. *Tantilla melanocephala* ha sido reportada como presa de *Athene cunicularia* (Monteiro & Motta, 2003), *Latrodectus geometricus* (De Sousa et al., 2007) y *Bothrops atrox* (Bisneto & Kaefer, 2019), añadiendo a *E. guentheri* como otro depredador.

La ofiofagia es un comportamiento relativamente común y bien documentado en serpientes (Bonfiglio & de Lema, 2006; Roldan & Lucero, 2009; De Roodt & Lanari, 2015; Valencia et al., 2016; De Oliveira-Jr et al., 2020; Medeiros, 2020; Solórzano López, 2022; Loaiza-Lange et al., 2023). La mayoría de las serpientes ofiófagas inician la ingestión desde la cabeza, lo que reduce la resistencia de las presas, el tiempo de ingestión y el gasto de energía (Moon et al., 2019; Medeiros, 2020). Nuestras observaciones concuerdan con el comportamiento de depredación de *Erythrolamprus aesculapii* publicado por Marques y Puerto (1994), en el que describen mordeduras en cualquier región del cuerpo y retención de la presa mediante una mordida firme para la inoculación del veneno. Sin embargo, la mayoría de las serpientes que han sido depredadas por *E. aesculapii* (80.6 %) fueron consumidas empezando por la cola. De manera similar, Braz y Marques (2016) sugieren que la manera de ingestión de la *E. aesculapii* comenzando por la cola supone un comportamiento innato y no es sólo una consecuencia de que la presa intente escapar, ya que este comportamiento también se reporta con presas inmóviles. Nuestras observaciones indican que *E. guentheri* puede tener hábitos diurnos, terrestres y con tendencias ofiófagas y posiblemente una preferencia por *T. melanocephala*,

aunque se necesitan más estudios para confirmar esta hipótesis. Además, estos registros representan observaciones únicas e importantes de las interacciones depredador-presa entre estas especies, proporcionando una mejor comprensión de su historia natural y las preferencias de dieta de una especie poco común.

El presente trabajo fue una colaboración entre varias organizaciones nacionales e internacionales, investigadores, estudiantes y voluntarios. Es parte de los esfuerzos regionales para involucrar y vincular la participación de personas y organizaciones locales en los procesos científicos (Bentley et al.,

2021; INABIO et al., 2023, Mesonero et al., 2025) promoviendo el conocimiento abierto y la democratización de la ciencia, permitiendo que personas fuera del mundo académico contribuyan al avance del conocimiento científico. Esto se refleja en la participación de los observadores locales que generaron estos registros como coautores de este trabajo, reafirmando el valor e impacto de la ciencia ciudadana. Esperamos que esta nota sea un ejemplo e inspiración para que otros se involucren en la investigación y la ciencia ciudadana en el Corredor de Conectividad Llanganates-Sangay y otras partes del Ecuador, Latinoamérica y el mundo.

NOVEL VERTICAL SUBSTRATE UTILIZATION BY *THOROPA MILIARIS* (SPIX, 1824) (ANURA: CYCLORAMPHIDAE) IN MINAS GERAIS, SOUTHEASTERN BRAZILNUEVA UTILIZACIÓN DE SUSTRATOS VERTICALES POR *THOROPA MILIARIS* (SPIX, 1824) (ANURA: CYCLORAMPHIDAE) EN EL ESTADO DE MINAS GERAIS, SUDESTE DE BRASILHenrique Folly^{1*}, Vitor Baptista de Oliveira² & Clodoaldo Lopes Assis³¹Área Herpetología, Unidad Ejecutora Lillo (CONICET-Fundación Miguel Lillo), Miguel Lillo 251, 4000, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.²Parque Estadual do Rio Doce, LMG 760, Km 19, s/n, 35185-000, Marliéria, Minas Gerais, Brazil.³Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, Departamento de Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.*Correspondence: folly.henrique@gmail.com

Received: 2024-09-25. Accepted: 2024-11-26. Published: 2025-03-21.

Editor: Thaís H. Condez, Brasil.

Resumen.– Los anuros presentan diversos modos locomotores y se encuentran en una amplia variedad de hábitats. Además, a pesar de las preferencias de las especies, varios anuros son capaces de explorar hábitats o sustratos inusuales. Tal es el caso de *Thoropa miliaris*, una rana ciclorránfida endémica del bioma de la Selva Atlántica brasileña. Esta especie está altamente especializada en sustratos rocosos de ambientes de agua dulce y costeros, sin embargo, también se la ha encontrado utilizando axilas de bromelias. Más allá de las bromelias, nunca se ha documentado el uso de otros tipos de vegetación por parte de *T. miliaris*. Aquí informamos por primera vez el uso de vegetación arbustiva por parte de este anfibio en el estado de Minas Gerais, sureste de Brasil.

Palabras clave.– Historia natural, rana de río de roca, uso del hábitat, selva atlántica.

Abstract.– Anurans exhibit diverse locomotor modes and are found in a wide variety of habitats. Furthermore, despite species-specific preferences, several anurans can explore unusual habitats or substrates. This is the case of *Thoropa miliaris*, a cycloramphid frog endemic to the Brazilian Atlantic Forest biome. This species is highly specialized in rocky substrates of freshwater and coastal environments; however, it has been found using bromeliad axils. Beyond bromeliads, the use of other types of vegetation by *T. miliaris* has never been reported. Herein, we report for the first time the use of shrub vegetation by this species in the state of Minas Gerais, southeastern Brazil.

Keywords.– Atlantic forest; habitat use; natural history; rock river frog.

Anurans show a diversity of locomotor modes (e.g., walkers, climbers, long and short jumpers, swimmers) and occupy a wide variety of habitats, such as caves, terrestrial, arboreal, and aquatic environments, with varied functional demands (Soliz & Ponssa, 2016; Buttner et al., 2020). Arboreal anurans have morphological specializations for climbing and moving more efficiently on narrow substrates (Manzano et al., 2008; Herrel et al., 2013). However, it is known that several species of anurans, including the terrestrial ones, can move using the terminal phalanges of the fingers as claws (Vassallo et al., 2021), and

thus utilize unusual habitats or substrates (e.g., Maia-Carneiro & Maia-Solidade, 2020; Souza et al., 2022). This ability may be useful for avoiding predators, escaping from a pit, dispersing into new habitats, accessing new dietary items, coping with stressful environmental conditions, or exploring new ecological niches (Granda-Rodríguez et al., 2008; Hudson et al., 2016; Diogo, 2017).

Thoropa miliaris (Spix, 1824) is a cycloramphid frog, endemic to the Brazilian Atlantic Forest biome in the states of Bahia,

Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, and São Paulo (Frost, 2024). This species is commonly found in the soil and on rocky substrates around freshwater environments (Bokermann, 1965; Cocroft & Heyer, 1988), as well as on rocky marine shores (Abe & Bicudo, 1991). Furthermore, it can also be found using the axils of bromeliads as a diurnal shelter (Teixeira et al., 2006), with a preference for the lower axils (Pertel et al., 2010). The use of this microhabitat places *T. miliaris* a bromelicolous species (sensu Peixoto, 1995), as no tadpoles or egg clutches have been found within bromeliads (Lacerda et al., 2009). The use of vegetation other than bromeliads has never been reported for this species.

In this context, we report the use of vertical substrates by *T. miliaris* in different types of vegetation in the Atlantic Rainforest of Minas Gerais state, southeastern Brazil.

The first observation occurred on 29 April 2011, at 21:30 h during an expedition to the Povoado de Sinimbu, in the municipality of Cataguases (21°20'19" S, 42°45'45" W; WGS 84; 297 m a.s.l.). On this occasion, we recorded a juvenile *Thoropa miliaris* (not collected) perched on the leaf of a *Palicourea* sp. (Rubiaceae), spotted 33 cm above ground level (Fig. 1A). The second observation occurred on 20 June 2016, at 19:00 h during

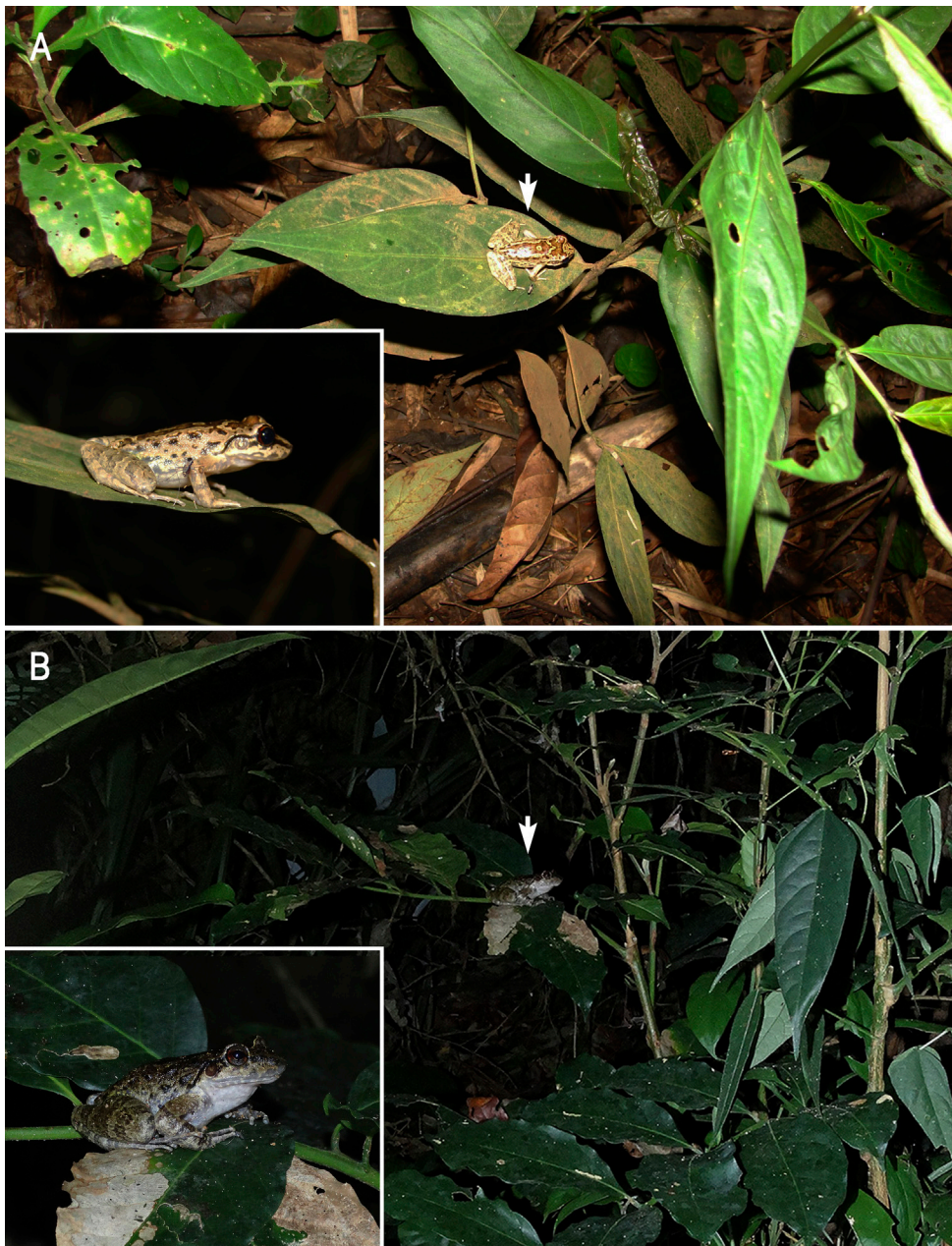


Figure 1. (A) Juvenile *Thoropa miliaris* (not collected) observed on *Palicourea* sp. (33 cm above ground level) in Cataguases municipality, Minas Gerais state, Brazil; (B) Adult male *T. miliaris* (MZUFV 15627) observed on *Matayba* sp. (120 cm above ground level) in Mesquita municipality, Minas Gerais state, Brazil. White arrows indicate the individuals perched on the vegetation and to the left and below each photo is a close-up of the same individuals. Photos: Henrique Folly.

Figura 1. (A) Juvenil de *Thoropa miliaris* (no colectado) observado en *Palicourea* sp. (33 cm sobre el nivel del suelo) en el municipio de Cataguases, estado de Minas Gerais, Brasil; (B) Macho adulto de *T. miliaris* (MZUFV 15627) observado en *Matayba* sp. (120 cm sobre el nivel del suelo) en el municipio de Mesquita, estado de Minas Gerais, Brasil. Las flechas blancas indican los individuos posados sobre la vegetación y a la izquierda y debajo de cada foto hay una aproximación de los mismos individuos. Fotos: Henrique Folly.

an expedition to Cantinho do Céu Farm, in the municipality of Mesquita (19°15'31" S, 42°33'14" W; WGS 84; 682 m a.s.l.). During this expedition, we recorded an adult male *T. miliaris* perched on the leaf of a *Matayba* sp. (Sapindaceae), spotted 120 cm above ground level (Fig. 1B). This individual was collected and euthanized using 2% lidocaine, fixed in 10% formalin, stored in 70% ethanol, and housed at the Museu de Zoologia João Moojen (MZUFV 15627), Universidade Federal de Viçosa, municipality of Viçosa, state of Minas Gerais, Brazil.

Our observations expand the range of microhabitats used by *Thoropa miliaris*, including new types of substrates in the shrub vegetation. This species reproduces in temporary water films that flow over rocks after rainfall, including vertical rock walls (Giaretta & Facure, 2004; Haddad & Prado, 2005). The ability to climb these rocky environments likely enables the species to utilize other substrates (see Teixeira & Rödder, 2007), including the plant branches and leaves reported here. Furthermore, it remains unclear whether *T. miliaris* reaches shrub leaves by climbing their vertical branches or by jumping directly onto the leaves. The use of vegetation in this species might be related to the escape from terrestrial predators (Oliveira et al., 2022), as observed in some Bufonidae (Lindquist et al., 2007; Granda-Rodriguez et al., 2008; Noronha et al., 2013) or even related to the search and increased access to new food items, likely exploring new niches for occupation. Thus, further investigations about *T. miliaris* habitat preferences, including observation in other sites within the species' range, may help to shed light on these questions and register new occurrences in distinct environmental conditions.

LITERATURE CITED

- Abe, A.S. & J.E.P.W. Bicudo. 1991. Adaptations to salinity and osmoregulation in the frog *Thoropa miliaris* (Amphibia: Leptodactylidae). *Zoologische Anzeiger* 5:313-318.
- Bokermann, W.C.A. 1965. Notas sobre as espécies de *Thoropa Fitzinger* (Amphibia: Leptodactylidae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 37:525-537.
- Buttimer, S.M., N. Stepanova & M.C. Womack. 2020. Evolution of the unique anuran pelvic and hindlimb skeleton in relation to microhabitat, locomotor mode, and jump performance. *Integrative and Comparative Biology* 60:1330-1345.
- Cocroft, R.B. & W.R. Heyer. 1988. Notes on the frog Genus *Thoropa* (Amphibia: Leptodactylidae) with a description of a new species (*Thoropa saxatilis*). *Proceedings of the Biological Society of Washington* 101:209-220.
- De Noronha, J.C., A.B. Barros, E.C. Da Paixão, E.J. Almeida, R.M. Miranda & D.J. Rodrigues. 2013. Climbing behaviour of terrestrial bufonids in the genus *Rhinella*. *Herpetological Bulletin* 124:22-23.
- Diogo, R. 2017. *Evolution driven by organismal behavior. A unifying view of life, function, form, mismatches and trends*. Springer, Cham, Zug, Switzerland.
- Frost, D.R. 2024. *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 6.2. American Museum of Natural History, New York, USA. Available at <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/>. [Accessed on 25 November 2024].
- Giaretta, A.A. & K.G. Facure. 2004. Reproductive ecology and behavior of *Thoropa miliaris* (Spix, 1824) (Anura, Leptodactylidae, Telmatobiinae). *Biota Neotropica* 4:1-10.
- Granda-Rodriguez, H.D., A.D. Portillo-Mozo & J.M. Renjifo. 2008. Uso de habitat en *Atelopus laetissimus* (Anura: Bufonidae) en una localidad de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Herpetotropicos* 4:87-93.
- Haddad, C.F.B. & C.P.A. Prado. 2005. Reproductive modes in frogs and their unexpected diversity in the Atlantic Forest of Brazil. *BioScience* 55:207-217.
- Herrel, A., M. Perrenoud, T. Decamps, V. Abdala, A. Manzano & E. Pouydebat. 2013. The effect of substrate diameter and incline on locomotion in an arboreal frog. *The Journal of Experimental Biology* 216:3599-3605.
- Hudson, C.M., G.P. Brown & R. Shine. 2016. Athletic anurans: the impact of morphology, ecology and evolution on climbing ability in invasive cane toads. *Biological Journal of the Linnean Society* 119:992-999.
- Lacerda, J.V.A., B. Assis, D.J. Santana & R.N. Feio. 2009. Anurans in bromeliads, Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, state of Minas Gerais, southeastern Brazil. *Check List* 5:800-806.
- Lindquist, E.D., S.A. Sapoznick, E.J. Griffith-Rodriguez, P.B. Johantgen & J.M. Criswell. 2007. Nocturnal position in the Panamanian golden frog *Atelopus zeteki* (Anura, Bufonidae), with notes on fluorescent pigment tracking. *Phyllomedusa* 6:37-44.



- Maia-Carneiro, T. & R. Maia-Solidade. 2020. Climbing behavior of *Rhinella icterica* (Spix, 1824) (Anura, Bufonidae): A typically terrestrial toad being scansorial. *Brazilian Journal of Biological Sciences* 7:149-151.
- Manzano, A.S., V. Abdala & A. Herrel. 2008. Morphology and function of the forelimb in arboreal frogs: Specializations for grasping ability? *Journal of Anatomy* 213:296-307.
- Oliveira, H.J., C.H.O. Nogueira, P.S. Amorim, A.C. Guaraldo & H.C. Costa. 2022. New predation records on *Thoropa miliaris* (Anura: Cycloramphidae), with a review of known predators. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 5:115-119.
- Peixoto, O.L. 1995. Associação de anuros a bromeliáceas na Mata Atlântica. *Revista da Universidade Rural do Rio de Janeiro* 17:75-83.
- Pertel, W., R.L. Teixeira & R.B. Ferreira. 2010. Comparison of diet and use of bromeliads between a bromelicolous and a bromeligenous anuran at an inselberg in the southeastern of Brazil. *Caldasia* 32:149-159.
- Soliz, M. & M.L. Ponssa. 2016. Development and morphological variation of the axial and appendicular skeleton in Hylidae (Lissamphibia, Anura). *Journal of Morphology* 277:786-813.
- Souza, U.F., J.P.S. Oliveira & M.J.M. Dubeux. 2022. *Leptodactylus macrosternum* (Miranda's White-lipped Frog). Habitat use. *Herpetological Review* 53:291-292.
- Teixeira, R.L., P.S.M. Mili & D. Rödder. 2006. Ecology of anurans inhabiting bromeliads in a saxicolous habitat of southeastern Brazil. *Salamandra* 42:155-163.
- Vassallo, A.I., A. Manzano, V. Abdala & R.N. Muzio. 2021. Can anyone climb? The skills of a non-specialized toad and its bearing on the evolution of new niches. *Evolutionary Biology* 48:293-311.



NEW DISTRIBUTIONAL RECORDS OF THE ENDEMIC RAINFROG *PRISTIMANTIS BLASI* DUARTE-MARÍN, MONTOYA-MARÍN & RIVERA-GÓMEZ (ANURA, STRABOMANTIDAE), NEAR CHOCÓ, COLOMBIA

NUEVOS REGISTROS DE DISTRIBUCIÓN DE LA RANA DE LLUVIA ENDEMICA *PRISTIMANTIS BLASI* DUARTE-MARÍN, MONTOYA-MARÍN & RIVERA-GÓMEZ (ANURA, STRABOMANTIDAE), HACIA EL CHOCÓ DE COLOMBIA

Yojan C. Vargas-Ramírez¹, Juan P. Durango² & Esteban Garzón-Franco^{1,2,3}

¹Facultad de Ciencias y Biotecnología, Universidad CES, Medellín, Colombia.

²Semillero de Investigación en Biodiversidad, Departamento de Ciencias Biológicas, Escuela de Ciencias Aplicadas e Ingeniería, Universidad EAFIT, Carrera 49, Medellín 050022, Colombia.

³Museo de Ciencias Naturales de La Salle del Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Colombia.

*Correspondence: garzon.esteban@uces.edu.co

Received: 2024-08-25. Accepted: 2024-12-10. Published: 2025-03-24.

Editor: Leticia Margarita Ochoa Ochoa, México.

Pristimantis Jiménez de la Espada, 1870 (family Strabomantidae) is a Neotropical genus of direct-developing frogs that harbors about 608 species (Frost, 2024), distributed from Honduras in Central America through South America to northern Argentina (Chaparro et al., 2015; Frost, 2024). Colombia has a significant richness of species of this genus, with approximately 37 % of the total number, being the second country with the highest species richness (Frost, 2024). Especially, the Cordillera Occidental in Colombia exhibits the highest concentration of richness of this genus with approximately 80 spp (Acosta-Galvis et al., 2020; Reyes-Puig et al., 2020). With several of these (~13) known only from their typical locality, and even being considered as “lost” species (Lindken et al., 2024).

Pristimantis blasi Duarte-Marín, Montoya-Marín & Rivera-Gómez, 2022, was recently described based on nine specimens collected in 2019 from the Alto Amurrapá, Santa Cecilia, municipality of Pueblo Rico, department of Risaralda, Cordillera Occidental, Colombia (5.31444° N, 76.15361° W; 1,119 m a.s.l., WGS84). Aside from the type locality, this species was originally reported for a locality in the National Natural Park Tatamá, belonging to the Risaralda department (Duarte-Marín et al., 2022). Since the description, no other localities have been reported for the species, being so far restricted to that area in the western slopes of the Western Cordillera in the Risaralda department. Based on two specimens, we present additional records of *P. blasi*, representing the first record of this species in the department of Chocó, the second known locality and

the northernmost for this species, which will allow a better assessment of the conservation of this species in a future.

On January 6th, 2024, during a survey for amphibians and reptiles at the vereda Guaduas, in the municipality of Carmen de Atrato, Chocó, Colombia, two specimens of *P. blasi* were found on a trail that connects the “Alto del Bacao” and “La Puria” localities from the Vereda Guaduas (5.721500° N, 76.193694° W; 1,290 m a.s.l., WGS84). Specimens were sacrificed by an overdose of 2 % Lidocaine, fixed in 10 % formaldehyde, and preserved in 70 % ethanol following the standards proposed by Pisani (1973) and McDiarmid (2006). Subsequently, the specimens were deposited in the Herpetological Collection of the Universidad CES Biological Collections (CBUCES-D), Medellín, Antioquia, Colombia.

The first specimen, an adult male (CBUCES-D 1886, SVL = 25.07 mm; Fig. 1–A, C, E), was found active at 20:15 h at the edge of the trail on shrub about 30 cm high. The second specimen, a subadult female (CBUCES-D 1887, SVL = 22.16 mm; Fig. 1–B, D, F), was found active further along the trail at 21:30 h on a leaf of a shrub of about 50 cm above ground. The forest surrounding this trail was characterized by tall trees of large diameter, epiphytes and a large amount of low bushy vegetation.

The individuals were identified following the diagnostic characters provided by Duarte-Marín et al. (2022), the most relevant ones being the following: skin on dorsum shagreen,

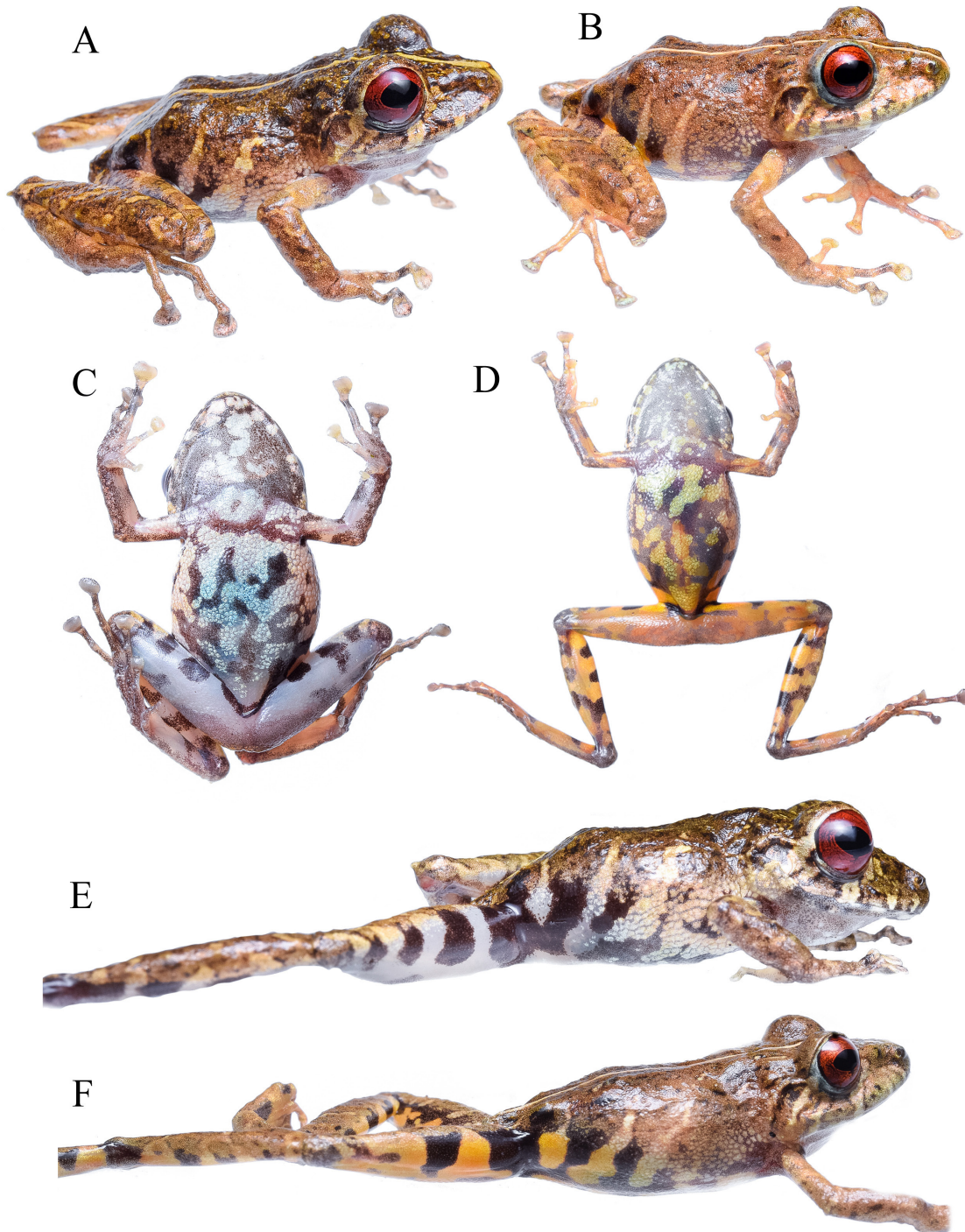


Figura 1. Vista general (A-B), coloración de las superficies ventrales (C-D) y de las áreas ocultas de la ingle y muslos (E-F) de los individuos registrados de *Pristimantis blasi*. CBUCES-D 1887 (A, C, E) y CBUCES-D 1886 (B, D, F). Las fotografías no están a escala. Fotos: Yojan C. Vargas-Ramírez.

Figure 1. General view (A-B), coloration of ventral surfaces (C-D) and hidden areas of groin and thighs (E-F) of recorded individuals of *Pristimantis blasi*. CBUCES-D 1887 (A, C, E) and CBUCES-D 1886 (B, D, F). Photographs not to scale. Photos: Yojan C. Vargas-Ramírez.

with scattered tubercles; dorsolateral folds absent and lateral folds present; skin on venter areolate; snout subacuminate in dorsal view and rounded in lateral view, without rostral papilla; paired glandular white nuptial pads; subconical tubercle on heel present, and small on the outer edge of tarsus; small inner tarsal fold present. In addition, this species is recognized by its striking coloration on the groin, and on the anterior and posterior surfaces of the thighs, which exhibit black coloration with yellow or white spots (Fig. 1 E–F); throat and belly with a white, cream or yellow background with irregular black markings; hidden surfaces of the tibia with a white, cream or yellow coloration with black markings (Fig. 1 C–F).

Since its description, *P. blasi* has not been documented for localities other than its type locality. Thus, this record is the first report for this species outside of its description (department of Risaralda), extending its known distribution by approximately 60 km in a straight line to the north, from Santa Cecilia to El Carmen de Atrato, a municipality in the department of Chocó.

Pristimantis is especially rich in the western profile of the Cordillera Occidental with more than 36 species along altitudes between 1,000 and 3,000 m a.s.l. (Ruíz-Carranza et al., 1997). However, according to Ruíz-Carranza et al. (1997), this region has been poorly studied, with frogs being a group specially overlooked. Particularly since Ruíz-Carranza et al. (1997) work, only four new species of the genus *Pristimantis* have been described from the surrounding areas, specifically from the western flank of the Cordillera Occidental, in the municipalities of Urao —*P. urani*—, Jardín, Andes —*P. ferwerdai* and *P. postducheminorum*— and Risaralda —*P. blasi*— (Amézquita et al., 2019; Duarte-Marin et al., 2022; Palacios-Rodríguez et al., 2022; Rivera-Correa & Daza, 2016). Specifically for the Carmen de Atrato municipality, there are six species of *Pristimantis* historically reported: *P. erythropleura*, *P. gracilis*, *P. orpacobates*, *P. restrepoi*, *P. ruedai* and *P. w-nigrum* (Ruíz-Carranza et al., 1997). Based on a literature review focused on Carmen de Atrato, since Ruíz-Carranza et al. (1997) no research has been published for frogs of the genus *Pristimantis* which, as mentioned above, have

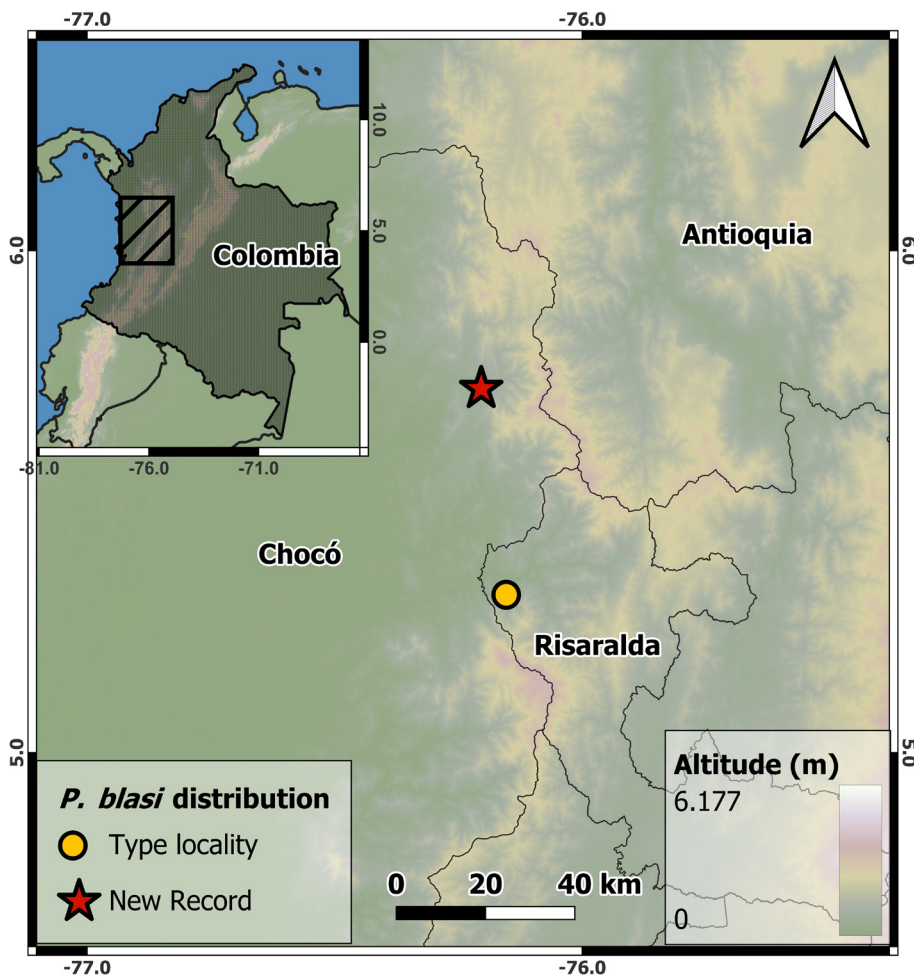


Figura 2. Mapa de la distribución actual de *Pristimantis blasi* para el país. Mostrando la localidad tipo (circulo amarillo) y la nueva localidad reportada en este estudio (estrella de color rojo).

Figure 2. Map of the current distribution of *Pristimantis blasi* for the country, showing the type locality (yellow circle) and the new locality reported in this study (red star).

a particularly high species richness. As sampling in these areas progresses, it is very likely that interesting and novel findings will continue to be documented, and species will continue to be reported in this exceptionally diverse region.

Given this record and the distribution patterns exhibited by several species of *Pristimantis* in this region of the Western Cordillera, it is highly probable that *P. blasi* can be found in localities further north and/or further south of Santa Cecilia and Carmen de Atrato. For example, species such as *P. aurantiguttatus*, *P. orpacobates*, *P. polychrus*, *P. restrepoi* and *P. ruedai* were originally described for localities in the municipalities of Urrao and Frontino (department of Antioquia) and have been recorded much further south in the departments of Risaralda and Valle del Cauca (Ruíz-Carranza et al., 1997). Likewise, something similar occurs with species originally described for localities in departments towards the south of the country (e.g., Risaralda, Valle del Cauca and Cauca), which have been reported further north in Antioquia, as is the case with *P. acatallelus*, *P. brevifrons*, *P. gracilis* and *P. quantus* (Grisales-Martínez & Rendón-Valencia, 2022; Ruiz-Carranza et al., 1997), showing, how the species of the genus can be widely distributed, in this case over entire western flank of the Cordillera Occidental. For us, the lack of records of *P. blasi* in other localities can be explained in the first instance by the lack of current sampling along the Western Cordillera, an area that despite its diversity is still subsampled (Duarte-Marín et al., 2022). *Pristimantis blasi* was tentatively categorized by its authors as an endangered species and endemic to Colombia (Duarte-Marín et al., 2022). Endemic and endangered, by definition, are species that have very restricted and poorly known distributional ranges, and therefore more susceptible to disappearance due to habitat alterations (Malanosky et al., 2024; Zúniga-Baos & de Los Ríos, 2023). In addition, studies on the geographic distribution of these species generally lack coverage, as it is traditionally considered that a short distance is not novel for the extension of the distribution of a species thus contributing to the Wallacean shortfall (Ficetola et al., 2014; Serrano et al., 2023). However, a range extension of 60 km is superbly important for endangered species as it allows to better map its Extent of occupancy—EOO—and area of occupancy—AOO— (Ficetola et al., 2014; Serrano et al., 2023; Zúniga-Baos & de Los Ríos, 2023). And in turn it is an important step towards the validation of the threat status of this species and provides a better understanding of the distribution patterns of this restricted species (Ficetola et al., 2014; Serrano et al., 2023; Zúniga-Baos & de Los Ríos, 2023). Ultimately, we invite other researchers interested in amphibians, a very vulnerable group in Colombia, to make distributional contributions that will allow us

to construct the AOO and EOO of threatened species to generate concise conservation plans.

Acknowledgments.— We are grateful to Josué Restrepo, inhabitant and environmental leader of the vereda Guaduas of Carmen de Atrato for his appropriation, protection and leadership of the ins in favor of the herpetofauna of the region, as well as to his family for the conservation and sustainable agriculture project that they are developing in the area. We thank CES University, the Faculty of Science and Biotechnology, and Universidad CES Biological Collections (CBUCES) for all the support provided in the process. We thank all the people who supported the field survey: Nicole Sttivend, Josué Garces, Mateo García Mejía, Juan Manuel Lozano, Daniel Bocanumenth and Juan Daniel Vazques. We are also grateful to Geraldine Buitrago for his comments on the revision of the manuscript. Individuals were collected under the permit granted by the National Authority of Environmental Licensing (ANLA) 0790, resolution July 18, 2014.

LITERATURE CITED

- Acosta-Galvis, A.R., A.M. Saldarriaga-Gómez, B. Ramírez & M. Vargas-Ramírez. 2020. A new Terrarana frog of genus *Pristimantis* from an unexplored cloud forest from the eastern Andes, Colombia. *Zookeys* 961:129-156.
- Amézquita, A., G. Suárez, P. Palacio-Rodríguez, I. Beltrán, C. Rodríguez-López, L.S. Barrientos, J.M. Daza & L. Mazariegos. 2019. A new species of *Pristimantis* (Anura: Craugastoridae) from the cloud forests of Colombian western Andes. *Zootaxa* 4648:537-548.
- Chaparro, J.C., F.P. Condori, L. Mamani & J.L. Deichmann. 2015. New geographic and altitudinal range extension of the rare *Pristimantis divnae* Lehr & von May 2009 (Anura:Craugastoridae) in Peru. *Check List* 11:1-4.
- Duarte-Marín, S., M. Montoya-Marín & J. Rivera-Gómez. 2022. A New Species of Red-eyed frog of the genus *Pristimantis* (Anura: Strabomantidae) from the Western Slope of the Cordillera Occidental, Risaralda, Colombia. *Zootaxa* 5093:218-232.
- Ficetola, G.F., C. Rondinini, A. Bonardi, V. Katariya, E. Padoa-Schioppa, & A. Angulo. 2014. An evaluation of the robustness of global amphibian range maps. *Journal of Biogeography* 41:211-221.



- Frost, D.R. 2024. Amphibian Species of the World: An Online Reference. Version 6.2. at <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA [Consulted on August 2024].
- Grisales-Martínez, F.A & B.E. Rendón-Valencia. 2022. New distribution record of endangered and endemic frog *Pristimantis quantus* (Lynch, 1998) in western Andes of Colombia. Cuadernos de Herpetología 36:119-122.
- Lindken, T., C.V. Anderson, D. Ariano-Sánchez, G. Barki, C. Biggs, P. Bowles, R. Chaitanya, D. Cronin, S. Jähnig, J.M. Jeschke, R. Kennerley, T.E. Lacher Jr, J.A. Luedke, C. Liu, B. Long, D. Mallon, G. Martin, S. Meiri, S. Pasachnik, V.H. Reynoso, C.V. Stanford, P.J. Stephenson, K.A. Tolley, O. Torres-Carvajal, D.L. Waldien, J.C.Z. Woirnaski & T. Evans. 2024. What factors influence the rediscovery of lost tetrapod species? Global Change Biology 30:e17107.
- Malanosky, C.M., A. Farnsworth, D.J. Lunt, P.J. Valdes & E.E. Saupe. 2024. Climate change is an important predictor of extinction risk on macroevolutionary timescales. Science 383:1130-1134.
- McDiarmid, R.W. 2006. Preparación de Anfibios como Especímenes Científicos. En Angulo, A., J.V. Rueda-Almonacid, J.V. Rodríguez-Mahecha & E. La Marca (Eds.). Técnicas de Inventario y Monitoreo para los Anfibios de la Región Tropical Andina. Conservación Internacional. Serie Manuales de Campo N°2. Panamericana Formas e Impresos S.A, Bogotá, Colombia.
- Palacios-Rodríguez, P., J.M. Daza, L.A. Mazariegos-H, U. Rendón & A. Amézquita. 2022. A new species of *Pristimantis* (Anura: Strabomantidae) with a colourful venter from the cloud forests of Colombian western Andes. Zootaxa 5092:67-84.
- Pisani, G.R. 1973. A Guide to Preservation Techniques for Amphibians and Reptiles. Society for the Study of Amphibians and Reptiles. Herpetological Circular 1, Lawrence, Kansas, USA.
- Ruíz-Carranza, P.M., J.D. Lynch & M.C. Ardila-Robayo. 1997. Seis nuevas especies de *Eleutherodactylus* Duméril, Bibron, 1841 (Amphibia:Leptodactylidae) del Norte de la Cordillera Occidental de Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 21:155-174.
- Rivera-Correa, M. & J.M. Daza. 2016. Molecular phylogenetics of the *Pristimantis lacrimosus* species group (Anura: Craugastoridae) with the description of a new species from Colombia. Acta Herpetológica 11:31-45.
- Reyes-Puig, C., M.H. Yáñez-Muñoz, J.A. Ortega & S. Ron. 2020. Phylogenetic relationships of the subgenus *Hypodictyon* (Anura: Strabomantidae: *Pristimantis*) with the description of three new species from the Chocó region. Revista Mexicana de Biodiversidad 91:1-38.
- Serrano, F.C., J.P.S. Vieira-Alencar, J.C. Díaz-Ricarte, P.H. Valdujo, M. Martins & C. Nogueira. 2023. The Wallacean Shortfall and the role of historical distribution records in the conservation assessment of an elusive Neotropical snake in a threatened landscape. Journal for Nature Conservation 72:126350.
- Zúñiga-Baos, J.A & L.M. de Los Ríos. 2023. Nuevo registro de *Andinobates dorisswansonae* (Rueda, Rada, Sánchez, Velásquez & Quevedo 2006) (Anura, Dendrobatidae) para el Departamento del Tolima, Colombia. Boletín Chileno de Herpetología 10:42-45.



OBSERVACIONES SOBRE HISTORIA NATURAL DE UNA LARVA DE SAPO HERMOSO, *TELMATOBUFO VENUSTUS* (PHILIPPI, 1899) (ANURA: CALYPTOCEPHALELLIDAE)

OBSERVATIONS ON THE NATURAL HISTORY OF A MOUNTAIN FALSE TOAD LARVA, *TELMATOBUFO VENUSTUS* (PHILIPPI, 1899) (ANURA: CALYPTOCEPHALELLIDAE)

Alejandro Piñeiro-González^{1,2*}, Isabel A. Lobos^{1,3}, Hugo A. Benitez¹ & Nelson A. Velásquez⁴

¹Laboratorio de Ecología y Morfometría Evolutiva, Centro de Investigación de Estudios Avanzados del Maule, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

²Laboratorio de Microbiología y Parasitología, Facultad de Medicina, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

³Laboratorio de Genética y Microevolución, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

⁴Laboratorio de Comunicación Animal, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

*Correspondence: andresale96@gmail.com

Received: 2024-06-14. Accepted: 2024-12-19. Published: 2025-03-25.

Editor: Jimena Grosso, Chile.

Abstract.— A Chile mountain false toad larva, *Telmatobufo venustus*, was found moving against the current of a river using its oral disc as a suction cup. This unprecedented behavior has not been reported in the *Telmatobufo* genus but shows morphological and behavioral similarities with other tadpoles with suctorial behaviors that develop in lotic systems. Additional studies are necessary to understand the ecological importance of this behavior in a species categorized as “Endangered”, especially in the face of different threats such as stream sedimentation and the presence of invasive predators.

Keywords.— Chile mountain false toad, ecomorphology, oral disc, suctorial behavior.

Resumen.— Se encontró una larva de sapo hermoso *Telmatobufo venustus*, desplazándose contra la corriente de un río usando su disco oral como ventosa. Esta conducta no ha sido reportada en el género *Telmatobufo*, pero muestra similitudes morfológicas y conductuales con otros renacuajos con conductas suctoriales y que se desarrollan en sistemas lóticos. Es necesario realizar estudios adicionales para entender la importancia ecológica de esta conducta en una especie categorizada como “En Peligro”, especialmente ante distintas amenazas como la sedimentación de arroyos y la presencia de depredadores invasores.

Palabras clave.— Conducta suctorial, disco oral, ecomorfología, sapo hermoso.

En las estribaciones andinas occidentales del centro y sur de Chile, los bosques templados húmedos se encuentran aislados geográficamente desde el periodo Terciario (Aravena et al., 2002). Este aislamiento ha permitido a lo largo de los años, la existencia de una biodiversidad única (Rozzi et al., 1994; Aravena et al., 2002). Específicamente, los anfibios que viven en este tipo de ambientes presentan un alto grado de endemismo y adaptaciones que les permiten habitar cursos de aguas lóticas. Dentro de la familia Calyptocephalellidae, podemos encontrar el género *Telmatobufo* Schmidt, 1952, y *Calyptocephalella* Strand, 1928 ambos endémicos de Chile. Particularmente, *Telmatobufo* está compuesto por cuatro especies alopátricas: *T. bullocki* Schmidt, 1952, *T. australis* Formas, 1972, *T. ignotus* Cuevas, 2010, y

T. venustus Philippi, 1899 distribuidas entre la región del Maule y Los Ríos (Fenolio et al., 2011).

Telmatobufo venustus o sapo hermoso, es un anuro cuya distribución geográfica hasta el año 2020 comprendía cuatro áreas restringidas: Cordillera de Chillán (localidad tipo, no existe georreferencia), Región de Ñuble, Ralco (37.8911° S, 71.6342° W), Región del Biobío, Parque Nacional Radal Siete Tazas (35.4982° S, 70.9298° W), y Reserva Nacional Altos de Lircay (35.5981° S, 71.0264° W) (Caro-Lagos & Charrier, 2020) en la Región del Maule, siendo esta última la localidad con la mayor cantidad de puntos de muestreo (Correa et al., 2023). Recientemente, Correa et al. (2023) rastrearon los puntos inciertos (sin georreferencia)

de localidades históricas como la Cordillera de Chillán (Philippi, 1899) y, además, adicionaron cuatro puntos nuevos de localización precisa (Caro-Lagos & Charrier, 2020; Díaz-Páez & Alveal, 2021), recopilando a la fecha un total de 14 localidades, aumentando considerablemente la distribución geográfica para esta especie. Sin embargo, la distribución conocida sigue siendo muy fragmentada, y el conocimiento que se tiene sobre la biología y la historia natural de esta especie es escaso, siendo clasificada desde el 2015 por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza como En Peligro de extinción (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2015).

Los adultos de esta especie suelen verse con poca frecuencia bajo troncos y piedras aledañas a la orilla de los ríos (Díaz-Páez & Alveal, 2021). Se desconoce su reproducción, y casi 90 años después de su primer registro, Díaz et al. (1983) reportaron por primera vez larvas de *T. venustus*. Estos investigadores describieron a los renacuajos como “larvas tipo montaña” con un morfotipo característico con adaptaciones que le permiten vivir en arroyos de alta corriente: disco oral que sirve como ancla en arroyos de flujo rápido, un cuerpo aplanado dorsoventralmente con colas gruesas y fuertes, y aletas caudales bajas (Díaz-Páez & Alveal, 2021; Formas & Cuevas, 2020).

Los pocos registros fotográficos que se tienen de las larvas de *T. venustus* evidencian estas adaptaciones (i.e., larvas aferradas a las rocas con su disco oral succionador) (Fenolio et al., 2011). Esta conducta también se ha reportado para renacuajos de *T. bullocki* y *T. australis* (Catchpole & Medina, 2018; Formas & Pugin, 1979). No obstante, se desconocen otros comportamientos asociados al morfotipo de las larvas de este género y los requisitos hidrodinámicos, fisicoquímicos y condiciones morfo-fluviales que deben presentar estos ambientes (Catchpole & Medina, 2018).

El domingo 11 de febrero de 2024 a las 14:30 h, a orillas del río Lircay dentro de la Reserva Nacional Altos de Lircay, Región del Maule (35.5946° S, 71.0354° O) (Fig. 1), se registró un renacuajo de *Telmatobufo venustus*, realizando un comportamiento particularmente llamativo. Desde una poza a otra, y a través de la superficie de la roca humedecida continuamente por el flujo de agua, la larva escaló en contra de la corriente, utilizando su disco oral a modo de ventosa para subir (ver videos complementarios en el apéndice). La larva se mantuvo en movimiento en todo momento mientras era grabada desde tres ángulos diferentes: dorsal superior, frontal y lateral (Fig. 2). Si bien las larvas pertenecientes al género *Telmatobufo* generalmente son vistas



Figura 1. Sitio de avistamiento en el sendero que baja al río Lircay, dentro de la Reserva Nacional Altos de Lircay, Región del Maule, Chile. A) Vista general de la rivera del río Lircay. B) Acercamiento al sector donde se vió la larva. C) Roca por donde se desplazaba la larva contra la corriente de agua. Fotos: Alejandro Piñeiro González.

Figure 1. Sighting site on the trail down to the Lircay River, within the Altos de Lircay National Reserve, Maule Region, Chile. A) General view of the Lircay River bank. B) Close-up of the area where the larva was seen. C) Rock where the larva was moving against the water current. Photos: Alejandro Piñeiro González.



Figura 2. Larva encontrada de *Telmatobufo venustus* usando su disco oral succionador para desplazarse río arriba por la superficie de una roca en el río Lircay. **A.** Vista lateral. **B.** Vista frontal. **C.** Vista dorsal superior. Fotos: Alejandro Piñeiro González.

Figure 2. *Telmatobufo venustus* larva found using its sucking oral disk to move upriver on the surface of a rock in the Lircay River. **A.** Side view. **B.** Front view. **C.** Upper dorsal view. Photos: Alejandro Piñeiro González.

aferradas al sustrato rocoso de los ríos (Díaz et al., 1983; Formas, 1988; González-Véliz et al., 2022), para nuestro conocimiento no existen registros científicos etológicos de esta conducta de desplazamiento río arriba para este género.

Sin embargo, si existen reportes previos de esta conducta en renacuajos de otros géneros de anuros como *Ascaphus* Stejneger, 1899 (Gradwell, 1971; 1973), *Litoria* Tschudi, 1838 y *Nyctimystes* Boulenger 1897 (Haas & Richards, 1998), *Boophis* Tschudi, 1838 (Randrianiaina et al., 2012), *Nasikabatrachus* Biju & Bossuyt, 2003 (Raj et al., 2012), *Odontobatrachus* Barej, Rödel, Loader &

Schmitz, 2014 (Doumbia et al., 2018), *Cycloramphus* Tschudi, 1838 y *Thoropa* Cope, 1865 (Sabbag et al., 2022), entre otros, en relación a mecanismos de alimentación (i.e., basada en el sustrato vegetal de la superficie de las rocas humedecidas), y a locomoción en ambientes con arroyos torrenciales para desplazarse (Gradwell, 1971). Esta conducta se basa en el acoplamiento y desacoplamiento de la mandíbula superior al sustrato humedecido para avanzar horizontalmente. No obstante, en la mayoría de los registros asociados a estas conductas, no se ha descrito un desplazamiento bajo una pendiente pronunciada como lo evidenciado en este hallazgo.

Morfológicamente los discos orales también difieren entre los géneros descritos más arriba (Gradwell, 1971, 1973; Haas & Richards, 1998; Randrianiaina et al., 2012; Raj et al., 2012; Doumbia et al., 2018; Sabbag et al., 2022). Así, el ancho del disco oral, la morfología de la cavidad bucal y el número de pliegues labiales son los principales caracteres que difieren entre los géneros de renacuajos suctorios mencionados, pero también con *Telmatobufo* (Díaz et al., 1983; Fenolio et al., 2011). Sin embargo, para realizar una comparación más acuciosa es necesario profundizar en el conocimiento sobre el uso del disco oral en *T. venustus* y, además sobre los contextos en los cuales se manifiesta la conducta descrita en esta nota.

Desde una perspectiva ambiental, Annibale et al. (2023) proponen que, para responder preguntas como el porqué de esta conducta, asociadas a ambientes atípicos para anfibios, se requiere un enfoque autoecológico: observaciones cuidadosas de las conductas que tienen estos individuos y cómo interactúan con el medio en que se desenvuelven (Annibale et al., 2023). De esta manera, y comparando con otros estudios en renacuajos suctorios podríamos comprender mejor esta conducta, tales como, los arroyos de corriente fuerte donde se encuentran los renacuajos de *T. venustus*.

Así, resulta interesante seguir analizando desde una perspectiva ecológico-conductual este primer hallazgo sobre la conducta de desplazamiento río arriba en el renacuajo de *T. venustus*, ya que es necesario profundizar en los factores ambientales que podrían actuar como amenazas de *T. venustus*, como son la sedimentación de los arroyos (Catchpole & Medina, 2018; Díaz et al., 1983; Díaz-Páez & Alveal, 2021) y la presencia de depredadores invasores como la trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* (Charrier, 2019). Nuevos estudios permitirán comprender el o los elementos que determinan esta conducta y la significancia que tiene para la ecología de esta especie.

Agradecimientos. - A mis compañeros de viajes a la montaña, que gracias a su compañía y paciencia hicieron posible registrar este evento fortuito. A los coautores que ayudaron a redactar y sacar adelante esta nota.

LITERATURA CITADA

Annibale, F.S., R.J. Wassersug, D.D.C. Rossa-Feres, F. Nomura, C.A. Brasileiro, A.F. Sabbag, Y. Zeng & J.R. Phillips. 2023. The case for studying tadpole autecology, with comments on strategies to study other small, fast-moving animals in nature. *Austral Ecology* 48:855-876.

Aravena A.L., M.R. Carmona, C.A. Pérez & J.J. Armesto. 2002. Changes in tree species richness, stand structure and soil properties in a successional chronosequence in northern Chiloé Island, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 75:339-360.

Baraj, M.F., M.-O. Rödel, S.P. Loader, M. Menegon, N.L. Gonwouo, J. Penner, V. Gvoždík, R. Günther, R.C. Bell, P. Nagel & A. Schmitz. 2014. Light shines through the spindrift – Phylogeny of African torrent frogs (Amphibia, Anura, Petropedetidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 71:261-273.

Biju, S.D. & F. Bossuyt. 2003. New frog family from India reveals an ancient biogeographical link with the Seychelles. *Nature* 425:711-714.

Boulenger, G.A. 1897. Descriptions of new lizards and frogs from Mount Victoria, Owen Stanley Range, New Guinea, collected by Mr. A. S. Anthony. *Annals and Magazine of Natural History* 19:6-13.

Caro-Lagos, J. & A. Charrier. 2020. Primer registro de *Telmatobufo venustus* (Philippi 1899) (Anura, Calyptocephalellidae) en el Parque Nacional Radal Siete Tazas: Ampliación de su distribución geográfica en la Región del Maule, Chile. *Boletín Chileno de Herpetología* 7:42-45.

Catchpole, S. & M. Medina. 2018. Hábitat de las larvas de *Telmatobufo australis* Formas 1972 (Amphibia, Anura, Calyptocephalellidae): Características fisicoquímicas, hidrodinámicas y morfológicas del medio fluvial. *Boletín Chileno de Herpetología* 5:26-28.

Charrier, A. 2019. Guía de campo Anfibios de los Bosques de la Zona Centro Sur y Patagonia de Chile. Editorial Corporación Chilena de la Madera, Región del Biobío, Chile.

Cope, E.D. 1865. Sketch of the primary groups of Batrachia s. Salientia. *Natural History Review. New Series* 5:97-120.

Correa, C., J.I. Osses, J.A. Morales & J.C. Ortiz. 2023. Geographic distribution of the rare and endangered *Telmatobufo venustus* (Philippi, 1899) (Anura, Calyptocephalellidae), with the description of a new locality and comments on the type locality. *Herpetozoa* 36:335-343.

Cuevas, C.C. 2010. A new species of *Telmatobufo* (Schmidt 1852) (Anura, Calyptocephalellidae) from a remnant of the Maulino Forest, central Chile. *Gayana* 74:102-112.

- Díaz, N., M. Sallaberry & H. Nuñez. 1983. The tadpole of *Telmatobufo venustus* (Anura: Leptodactylidae) with a consideration of generic relationships. *Herpetologica* 39:111-113.
- Díaz-Páez, H. & N. Alveal. 2021. A new geographic record of the endangered *Telmatobufo venustus* (Amphibia: Calyptocephalellidae) in the Biobío Region, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 94:3.
- Doumbia, J., L. Sandberger-Loua, A. Schulze & M.O. Rödel. 2018. The tadpoles of all five species of the West African frog family Odontobatrachidae (Amphibia, Anura). *Alytes* 36:63-92.
- Fenolio D.B., A. Charrier, M.G. Levy, M.O. Fabry, M.S. Tirado, M.L. Crump & P. Calderon. 2011. A review of the Chile Mountains False Toad, *Telmatobufo venustus* (Amphibia: Anura: Calyptocephalellidae) with comments on its conservation status. *Herpetological Review* 42:514-519.
- Formas, J.R. 1972. New observations of *Telmatobufo australis*. *Journal of Herpetology* 66:1-3.
- Formas, J.R. 1988. The tadpole of *Telmatobufo bullocki* (Anura: Leptodactylidae). *Herpetologica* 44:458-460.
- Formas, J.R. & C.C. Cuevas. 2020. Chondrocranial and hyobranchial structure in two South American suctorial tadpoles of the genus *Telmatobufo* (Anura: Calyptocephalellidae). *Phyllomedusa* 19:99-106.
- Formas, J.R. & E. Pugin. 1979. New observations of *Telmatobufo australis* (Anura, Leptodactylidae) in southern Chile. *Journal of Herpetology* 13:359-361.
- González-Véliz, N., M. Valdés-Puga, P. Espinoza-Carbullanca, J.M. Serrano-Serrano & N.A. Velásquez. 2022. Confirmation of a new locality of *Telmatobufo venustus* Phillippi, 1899 in the andean precordillera of the Ñuble region, Chile. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 5:68-72.
- Gradwell, N. 1971. *Ascaphus* tadpole: experiments on the suction and gill irrigation mechanisms. *Canadian Journal of Zoology* 49:307-332.
- Gradwell, N. 1973. On the functional morphology of suction and gill irrigation in the tadpole of *Ascaphus*, and notes on hibernation. *Herpetologica* 29:84-93
- Haas, A. & S.J. Richards. 1998. Correlations of cranial morphology, ecology, and evolution in Australian suctorial tadpoles of the genera *Litoria* and *Nyctimystes* (Amphibia: Anura: Hylidae: Pelodyadinae). *Journal of Morphology* 238:109-141.
- Phillippi, R.A. 1899. Descripciones breves de dos nuevas especies de sapos (*Bufo*). *Anales de la Universidad de Chile* 104:723-725.
- Raj, P., K. Vasudevan, V. Deepak, R. Sharma, S. Singh, R.K. Aggarwal & S.K. Dutta. 2012. Larval morphology and ontogeny of *Nasikabatrachus sahyadrensis* Biju & Bossuyt, 2003 (Anura, Nasikabatrachidae) from Western Ghats, India. *Zootaxa* 3510:65-76.
- Randrianiaina R.D., A. Strauß, J. Glos & M. Vences. 2012. Diversity of the strongly rheophilous tadpoles of Malagasy tree frogs, genus *Boophis* (Anura, Mantellidae), and identification of new candidate species via larval DNA sequence and morphology. *Zookeys* 178:59-124.
- Rozzi, R., J. Armesto & J. Figueroa. 1994. Biodiversidad y conservación de los bosques nativos de Chile: una aproximación jerárquica. *BOSQUE* 15:55-64.
- Sabbag, A.F., P.H. dos Santos Dias, C.A. Brasileiro, C.F.B. Haddad & R.J. Wassersug. 2022. Moving forwards, sideways and up in the air: observations on the locomotion of semiterrestrial tadpoles (Cycloramphidae). *Biological Journal of the Linnean Society* 136:92-110.
- Schmidt, K.P. 1952. A new Leptodactylid frog from Chile. *Fieldiana Zoology* 34:11-15.
- Stejneger, L. 1899. Description of a new genus and species of discoglossoid toad from North America. *Proceedings of the United States National Museum* 21:899-901.
- Strand, E. 1928. Miscelanea nomenclatorica zoologica et palaeontologica. *Archiv für Naturgeschichte* 92:30-75.
- Tschudi, J.J. 1838. Classification der Batrachier, mit Berücksichtigung der fossilen Thiere dieser Abtheilung der Reptilien. *Mémoires de la Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel* 2:1-100.
- Veloso, A., A. Charrier, C. Correa, C. Soto, C. Velez, H. Nunez, R. Formas & Díaz, S. 2015. *Telmatobufo venustus*, en: IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015. <https://www.iucnredlist.org>. [Consultado en Marzo 2024]



APÉNDICES

Apéndice 1. Vista dorsal del renacuajo de *Telmatobufo venustus* usando su disco oral succionador para desplazarse río arriba por la superficie de una roca. Video: Alejandro Piñeiro González.

<https://youtu.be/fPMGnN4cLu4>

Appendix 1. Dorsal view of the *Telmatobufo venustus* tadpole using its sucking oral disk to move upstream on a rock surface. Video: Alejandro Piñeiro González.

<https://youtu.be/fPMGnN4cLu4>

Apéndice 2. Vista lateral del renacuajo de *Telmatobufo venustus* usando su disco oral succionador para desplazarse río arriba por la superficie de una roca. Video: Alejandro Piñeiro González.

<https://youtube.com/shorts/BkpYpVAQTx4?feature=share>

Appendix 2. Lateral view of the *Telmatobufo venustus* tadpole using its sucking oral disk to move upstream on a rock surface. Video: Alejandro Piñeiro González.

<https://youtube.com/shorts/BkpYpVAQTx4?feature=share>

Apéndice 3. Vista frontal del renacuajo de *Telmatobufo venustus* usando su disco oral succionador para desplazarse río arriba por la superficie de una roca. Video: Alejandro Piñeiro González.

https://youtube.com/shorts/9Oj_Oliopxk

Appendix 3. Frontal view of the *Telmatobufo venustus* tadpole using its sucking oral disk to move upstream on a rock surface. Video: Alejandro Piñeiro González.

https://youtube.com/shorts/9Oj_Oliopxk

PREDACIÓN SOBRE *PRISTIMANTIS PLUVIAN* (ANURA: STRABOMANTIDAE) POR *PALEOSUCHUS TRIGONATUS* (CROCODYLIA: ALLIGATORIDAE) EN LA AMAZONÍA BRASILEÑA

PREDATION ON *PRISTIMANTIS PLUVIAN* (ANURA: STRABOMANTIDAE) BY *PALEOSUCHUS TRIGONATUS* (CROCODYLIA: ALLIGATORIDAE) IN THE BRAZILIAN AMAZON

Henrique Folly^{1*}, Rafaela Thaler² & Leandro Alves da Silva³

¹Área Herpetología, Unidad Ejecutora Lillo (CONICET - Fundación Miguel Lillo), Miguel Lillo 251, (4000) San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CCT NOA Sur), Crisóstomo Álvarez 722, (4000) San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.

³Laboratório de Anfíbios e Répteis, Departamento de Botânica e Zoologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, RN, 59078900, Brasil.

*Correspondence: folly.henrique@gmail.com

Received: 2024-08-29. Accepted: 2025-01-17. Published: 2025-03-25.

Editor: Nicolás Pelegrin, Brasil.

Abstract.— Crocodylians are apex predators with a generalist diet, consuming a wide variety of invertebrates and vertebrates. In this study, we describe a predation event of the frog *Pristimantis pluvian* by a juvenile *Paleosuchus trigonatus* in the municipality of Paranaíta, Mato Grosso, Brazil, in August 2020. This observation represents the first record of a crocodylian preying on a species of the genus *Pristimantis*, and the fifth amphibian species confirmed as prey of *P. trigonatus*. During the dry season, *P. pluvian* becomes more terrestrial, while in rainy season it presents more arboreal behavior (vocalization sites). This seasonal shift in microhabitat use likely facilitates predations such as this one described herein, which occurred during the dry season. Additionally, this scenario suggests that the consumption of small sized amphibians, including other *Pristimantis* species, by *P. trigonatus* may be more common than previously documented, especially among juvenile caimans.

Keywords.— Crocodylian diet; predator-prey relationship; Schneider's Smooth-fronted Caiman; trophic interactions.

Resumen.— Los cocodrilos son depredadores ápice con una dieta generalista amplia, consumiendo una gran variedad de invertebrados y vertebrados. En este estudio, presentamos un evento de depredación de la rana *Pristimantis pluvian* por un juvenil de *Paleosuchus trigonatus* en el municipio de Paranaíta, estado de Mato Grosso, Brasil, en agosto de 2020. Esta observación representa el primer registro de un cocodrilo depredando una especie del género *Pristimantis* y la quinta especie de anfibio confirmada como presa de *P. trigonatus*. Durante la estación seca, *P. pluvian* se vuelve más terrestre, mientras que en la temporada de lluvias presenta un comportamiento más arbóreo (sitios de vocalización). Este cambio estacional en el uso del microhábitat probablemente facilita depredaciones como la descrita aquí, ocurrida en la estación seca. Además, este escenario sugiere que el consumo de anfibios de pequeño tamaño, incluidas otras especies de *Pristimantis*, por *P. trigonatus* puede ser más común de lo que se ha documentado previamente, especialmente entre los caimanes juveniles.

Palabras clave.— Caimán de frente lisa de Schneider; dieta de los cocodrilos; interacciones tróficas; relación depredador-presa.

Crocodylians are apex predators with a generalist diet, including a wide range of invertebrate and vertebrate organisms (Magnusson et al., 1987; Platt et al., 2006). They are generally reported as carnivorous with opportunistic feeding habits, and their diet can vary based on factors such as ontogeny, habitat,

seasonality, and prey availability (Magnusson & Lima, 1991; Da Silveira & Magnusson, 1999; Villamarín et al., 2018). The main methods used to analyze the feeding habits of crocodylians include direct observation, dissection of the animal to extract stomach and intestinal contents, fecal analysis, stomach

flushing, isotopic analysis and DNA barcoding (Yves et al., 2021). Considering the discreet habits of crocodylians and the complexity of most of the methods above mentioned, report predation events observed in the field is crucial to increase knowledge about the diet of these animals, in addition to being minimally invasive (e.g., Magnusson & Lima, 1991; De Assis & Dos Santos, 2007; Mangioni et al., 2020; Rivas et al., 2023).

Paleosuchus trigonatus (Schneider, 1801) is a forest dwelling Alligatorid widely distributed along the Amazonia, found in Bolivia, Brazil, Colombia, Ecuador, French Guiana, Guyana, Peru, Suriname, and Venezuela. In Brazil, *P. trigonatus* occurs in the rivers and streams of heavily forested habitats (Magnusson, 1992; Villamarín et al., 2017), in igapó forest in the Central Amazon (Mazurek-Souza, 2001), and in open water bodies or near waterfalls of large rivers (Vasconcelos & Campos, 2007; Campos et al., 2017, 2019). Its diet consists of invertebrates (arachnids, gastropods, mollusks, crustaceans, millipedes, and insects) and vertebrates (fishes, amphibians, reptiles, birds, and small mammals), with prey size generally positively correlated to the size of the predator (Magnusson et al., 1987; Morato et al., 2011;

Moldowan et al., 2016). Among this broad diet, the consumption of amphibians by *P. trigonatus* remains poorly documented. Initially, Magnusson et al. (1987) mentioned three records of unidentified anurans as prey for juveniles and one for adult *P. trigonatus*. Subsequently, *Rhinella marina* (De Assis & Dos Santos, 2007), *Caecilia marcusii* (Sampaio et al., 2013), *Dendropsophus* sp. (Moldowan et al., 2016), and *R. major* (Rivas et al., 2023) were added to the known prey items of *P. trigonatus*.

Pristimantis pluvian De Oliveira et al. (2020) is a Strabomantid registered in the municipalities of Cotriguaçu, Ipiranga do Norte, and Paranaíta, in Mato Grosso state, Brazil. It can be found in both conserved areas of forests and areas with some environmental disturbances, such as forest fragments surrounded by pastures (De Oliveira et al., 2020). During the reproductive season, males climb vegetation to vocalize, while in the dry season they predominantly remain on the ground (De Oliveira et al., 2020). Records of predation on species of the genus *Pristimantis* are predominantly reported involving arachnids and snakes. Specifically, these include Ctenid spiders (Jablonski, 2015; Moura Filho et al., 2021), amblypygids (Wizen



Figura 1. Un juvenil de *Paleosuchus trigonatus* depredando un adulto de *Pristimantis pluvian* en un arroyo cerca del río Teles Pires, municipio de Paranaíta, estado de Mato Grosso, Brasil. Foto: Henrique Folly.

Figure 1. A juvenile *Paleosuchus trigonatus* preying on an adult *Pristimantis pluvian* in a stream near the Teles Pires River, Paranaíta municipality, Mato Grosso state, Brazil. Photo: Henrique Folly.

& De Rueda, 2016), and snakes of the genera *Chironius* (Roberto & Souza, 2020; Arruda et al., 2024), *Leptodeira* (Dos Santos et al., 2018), and *Pliocercus* (Griesbaum et al., 2023). However, no study to this date has reported such events involving crocodylians.

At 21:00 h on 05 August 2020, during herpetofauna nocturnal visual survey inside the forest located on the left bank of the Teles Pires river, Paranaíta municipality, Mato Grosso state, Brazil (9° 20' 59.36" S, 56° 47' 32.28" W; WGS 84; 245 m a.s.l.), we recorded a predation event by a juvenile of the Schneider's smooth-fronted caiman *Paleosuchus trigonatus* on an adult frog *Pristimantis pluvian*. The caiman was in a puddle with its body submerged and its head above the water surface. It captured the frog by the anterior region, kept it in its mouth for approximately eight minutes, and then swallowed it (Fig. 1). The individual of *P. pluvian* did not emit any vocalizations or display defensive behavior when it was caught.

Amphibians are consumed by several crocodylians species. For example, *Rhinella granulosa*, *Pleurodema brachyops*, *Elachistocleis ovalis*, and *Leptodactylus macrosternum* preyed upon by *Caiman crocodilus* (Gorzula, 1978; Toledo et al., 2007), *Pseudis paradoxa* by *C. yacare* (Santos et al., 1996), *R. diptycha* and *Siphonops* sp. by *Paleosuchus palpebrosus* (Oliveira et al., 2019), and *R. diptycha* by *C. latirostris* (Peixoto-Couto et al., 2020). Despite that, this is the first record involving a species of crocodylian feeding on a species of the genus *Pristimantis*. The seasonal change in the use of the microhabitat by *P. pluvian* may have facilitated the encounter between species, allowing an opportunistic feeding.

Acknowledgments.– HF and RT thank the Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) for financial support.

LITERATURE CITED

- Arruda, M.O., F.R.F. Da Costa, V. Sudré & R.C. Gonzalez. 2024. Predation of *Pristimantis relictus* by *Chironius dracomaris* in the Baturité Massif, state of Ceará, Brazil. *Herpetology Notes* 17:441-444.
- Campos, Z., G. Mourão & W.E. Magnusson. 2017. The effect of dam construction on the movement of dwarf caimans, *Paleosuchus trigonatus* and *Paleosuchus palpebrosus*, in Brazilian Amazonia. *PloS ONE* 12:e0188508.
- Campos, Z., W.E. Magnusson & F. Muniz. 2019. *Paleosuchus trigonatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T46588A3010035. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-1.RLTS.T46588A3010035.en>. [Accessed on 11 February 2024].
- Da Silveira, R. & W.E. Magnusson. 1999. Diets of Spectacled and Black caiman in the Anavilhanas Archipelago, Central Amazonia, Brazil. *Journal of Herpetology* 33:181-192.
- De Assis, V.B. & T. Dos Santos. 2007. *Paleosuchus trigonatus* predation. *Herpetological Review* 38:445.
- De Oliveira, E.A., L.A. Da Silva, E.A.P. Silva, K.L.A. Guimarães, M. Penhacek, J.G. Martínez, L.R.R. Rodrigues, D.J. Santana & E.J. Hernández-Ruz. 2020. Four new species of *Pristimantis* Jiménez de la Espada, 1870 (Anura: Craugastoridae) in the eastern Amazon. *PloS ONE* 15:e0229971.
- Dos Santos, W.F.S., M. Dubeux & N.R. Da Silva. 2018. *Pristimantis ramagii* (Leaf-litter Frog) Predation. *Herpetological Review* 49:99-100.
- Gorzula, S.J. 1978. An ecological study of *Caiman crocodilus crocodilus* inhabiting savanna lagoons in the Venezuelan Guayana. *Oecologia* 35:21-34.
- Griesbaum, F., T. Lindner, S. Bock, M. Ernst, K. Neira-Salamea, V. Moreira, S. Erazo, J. Penner & M.O. Rödel. 2023. Nine predation events by snakes from the Chocó rainforest of Ecuador. *Herpetology Notes* 16:749-756.
- Jablonski, D. 2015. Predation on *Pristimantis ridens* (Cope, 1866) by a wandering spider (Ctenidae Keyserling, 1877) in mountain cloud forest of Costa Rica. *Herpetology Notes* 8:1-3.
- Magnusson, W.E., E.V. Da Silva & A.P. Lima. 1987. Diets of Amazonian crocodylians. *Journal of Herpetology* 21:85-95.
- Magnusson, W.E. & A.P. Lima. 1991. The ecology of a cryptic predator, *Paleosuchus trigonatus*, in a tropical rainforest. *Journal of Herpetology* 25:41-48.
- Magnusson, W.E. 1992. *Paleosuchus trigonatus*. *Catalogue of American Amphibians and Reptiles* 555:1-3.
- Mangione, R., J. Lemaire & A. Pasukonis. 2020. *Paleosuchus trigonatus* (Smooth-fronted Caiman) predation. *Herpetological Review* 51:590.
- Mazurek-Souza, R. 2001. *Paleosuchus trigonatus*. *Herpetological Review* 32:252.



- Moldowan, P.D., T.M. Laverty, C.J. Emmans & R.C. Stanley. 2016. Diet, Gastric Parasitism, and Injuries of Caimans (*Caiman*, *Melanosuchus*, and *Paleosuchus*) in the Peruvian Amazon. *South American Journal of Herpetology* 11:176-182.
- Morato, S.A.A., V.B.G.V. Batista & A. Paz. 2011. *Paleosuchus trigonatus* (smooth-fronted caiman): diet and movement. *Herpetological Bulletin* 115:34-35.
- Moura Filho, A.E., K.S. Serra, D.C. Lima, C.M. Neto, J.F. Sobczak, G.A. Villanueva-Bonilla & D.M. Borges-Nojosa. 2021. Predation on the lizard *Coleodactylus meridionalis* (Boulenger, 1888) and on the rain frog *Pristimantis* sp. by Ctenidae spiders in humid highland forests of the Caatinga of northeastern Brazil. *Herpetology Notes* 14:625-627.
- Oliveira, S.R., W. Vaz-Silva, M.B. De Souza, S.P. De Andrade & A.R. De Moraes. 2019. A caecilian (*Siphonops* sp.) as prey of a dwarf caiman *Paleosuchus palpebrosus*: an observation from Central Brazil. *Herpetology Notes* 12:71-73.
- Peixoto-Couto, R.M., M. Cabrera-Miguel & Z. Ortega. 2020. First record of predation on *Rhinella diptycha* (Anura, Bufonidae) by *Caiman latirostris* (Crocodylia, Alligatoridae). *Actualidades Biológicas* 42:1-5.
- Platt, S.G., T.R. Rainwater, A.G. Finger, J.B. Thorbjarnarson, T.A. Anderson & S.T. McMurry. 2006. Food habits, ontogenetic dietary partitioning and observations of foraging behaviour of Morelet's crocodile (*Crocodylus moreletii*) in northern Belize. *The Herpetological Journal* 16:281-290.
- Rivas, L., V. Voss, C. Eversole & R. Powell. 2023. Predation on the toad *Rhinella major* (Anura: Bufonidae) by Schneider's Smooth-fronted Caiman, *Paleosuchus trigonatus* (Crocodylia: Alligatoridae) in the Bolivian Amazon. *Herpetology Notes* 16:17-19.
- Roberto, I.J. & A.R. Souza. 2020. Review of prey items recorded for snakes of the genus *Chironius* (Squamata, Colubridae), including the first record of *Osteocephalus* as prey. *Herpetology Notes* 13:1-5.
- Sampaio, P.R., M.N. Da Silva, S.A. De Matos, L.R. De Matos & M. Acosta. 2013. First report of predation by a caiman (*Paleosuchus trigonatus*, Crocodylia: Alligatoridae) on a caecilian (*Caecilia marculsi*, Gymnophiano: Caecilidade). *Salamandra* 49:227-228.
- Santos, S.A., M.N. Stoll, M.S. Pinheiro, Z. Campos, W.E. Magnusson & G. Mourão. 1996. Diets of *Caiman crocodilus yacare* from different habitats in the Brazilian Pantanal. *Journal of Herpetology* 6:111-117.
- Toledo, L.F., R.S. Ribeiro & C.F. Haddad. 2007. Anurans as prey: an exploratory analysis and size relationships between predators and their prey. *Journal of Zoology* 271:170-177.
- Vasconcelos, W. & Z. Campos. 2007. Geographic variation between Pantanal caiman (*Caiman crocodilus yacare*) and Amazonian caiman (*Caiman crocodilus crocodilus*): First phase. *Crocodile Specialist Group Newsletter* 26:6-7.
- Villamarín, F., T.D. Jardine, S.E. Bunn, B. Marioni & W.E. Magnusson. 2017. Opportunistic top predators partition food resources in a tropical freshwater ecosystem. *Freshwater Biology* 62:1389-1400.
- Villamarín, F., T.D. Jardine, S.E. Bunn, B. Marioni & W.E. Magnusson. 2018. Body size is more important than diet in determining stable-isotope estimates of trophic position in crocodylians. *Scientific Reports* 8:2020.
- Wizen, G. & J.A.G. De Rueda. 2016. *Pristimantis achatinus* (Cachabi Robber Frog) predation. *Herpetological Review* 47:440-441.
- Yves, A., D. Dutra-Araújo, L.A.B. Bassetti, T.C.G. Portelinha & T.S. Marques. 2021. Ecologia alimentar dos crocodylianos brasileiros: hábitos, métodos e perspectivas de estudos. *Tratado de Crocodylianos do Brasil*, p. 153-171.



ANUNCIOS

Agradecimientos a l@s Editor@s & Revisor@s 2024 – 158-162

LISTA DE AGRADECIMIENTO EDITORES Y REVISORES 2024

La Revista Latinoamericana de Herpetología (RLH) está profundamente agradecida con l@s Editor@s y Revisor@s que dando su tiempo y sin remuneración económica han ayudado a mantener la calidad de los manuscritos publicados. Este es un reconocimiento a su labor. Así mismo hacemos un llamado a todos l@s interesad@s en formar parte de esta labor editorial para que la herpetología latinoamericana a través de la RLH siga creciendo.

Editor@s

Katyuscia Araujo-Vieira
Pier Cacciali
Alessandro Catenazzi
Pierre A.R.R.H. Charruau
Thaís Condez
Luis Fernando Díaz Gamboa
Marissa Fabrezi
Ana Gatica Colima
Jimena Grosso
Oswaldo Hernández Gallegos
Carlos Alberto Hernández Jiménez
Rafael Alejandro Lara Resendiz
Mariana L. Lyra
Ricardo Itzcóatl Maldonado Reséndiz
Norberto Martínez Méndez
Nancy R. Mejía Domínguez
Ricardo Montero
Jorge E. Morales Mávil

Carlos Navas
Mauricio Ocampo Ballivian
Ernesto Raya García
César A. Ríos Muñoz
Vivian P. Páez
Nicolás Pelegrin
María Laura Ponsa
Sean Michael Rovito
José Manuel Serrano
Luis Sigler
Jenny C. Urbina
Anyelet Valencia-Aguilar
Julián Andrés Velasco Vinasco
Nelson Velásquez
Juan Manuel Carvajalino Fernández
Mariana L. Lyra
Jenny C. Urbina

Revisor@s

Abel Antonio Batista
Adán Bautista-del Moral
Adrian García-Rodríguez
Adriana Cortés Gómez
Adriana Manzano

Adriana Méndez Bernal

Adriana Sandoval Comte

Aldo Vasallo

Alejandro Castro

Alejandro García Flores

Alex Ttito Bustamante

Alexander Peña Peniche

Amelly Hyldaí Ramos Díaz

Ana Gatica Colima

Andrés Felipe Jaramillo

Andres Martínez-Aquino

Anibal Díaz de la Vega-Pérez

Anny Peralta García

Antonieta Labra Lillo

Armando H. Escobedo-Galván

Armando Sunny

Aurelio Ramírez Bautista

Benjamín Castillo Elías

Brett Butler

Brian Kubicki

Carlos Eduardo Costa de Campos

Carlos Flores

Carlos Joaquin Pavón Vázquez

Carmen Úbeda

César A. Díaz-Marín

Christian Said Berriozabal Islas

Daniel Alejandro Gómez Pizano

Daniel Cruz-Sáenz

Daniel Gerardo Ramirez Arce

Daniel Sánchez-Ochoa

Dario Cardozo

David Gustavo Vera

David Lazcano Villareal

David Ramiro Aguillón-Gutiérrez

Diana Fuentes de la Rosa

Diego Arenas Moreno

Diego Bueno Villafañe

Dulce Ávila Najera

Edgar Ahmed Bello Sánchez

Eduardo Aarón Chávez Ramírez

Eric Centenero-Alcalá

Erick Arias

Ernesto Raya-García

Fabio Maffei

Fahd Henry Carmona Torres

Fausto Roberto la Cruz

Felipe Rabanal

Fernando Vargas Salinas

Francesca Angiolani

Francisca Norton

Francisco Brusquetti

Gabriel Andrade Soto

Gabriel Lobos

Gabriela Parra Olea

Gabriela Perotti

Gerardo Antonio Chaves Cordero

Gerardo Leynaud

Gladys Hermida

Gregory Johnston

Griselda Montiel-Parra

Guadalupe Gutiérrez Mayén

Guillermo Alfonso Woolrich Piña

Gustavo Campillo

Gustavo Montiel Canales

Gustavo Scrocchi

Héctor Zumbado-Ulate

Helena Fernández-Sanz

Henrique J. Oliveira

Hibraim Adán Pérez Mendoza

Hugo Cabral

Huitzilihuitl Barrera Manzano

Isac Mella-Méndez

Israel Solano-Zavaleta

J. Richard Vetter-Hiebert

Jacobo Reyes Velasco

Javier Manjarrez

Javier Sunyer

Jazmín Enríquez Roa

Jenny Urbina

Jhon Chero

Joan Gastón Zamora Abrego

Joe Mendelson

John Carr

Jorge Damián López Caballero

Jorge Daniel Williams

Jorge Éufrates Morales

Jorge Falcón Ordaz

Jorge Heriberto Valdez Villavicencio

Jorge Valencia

José Daniel Lara Tufiño

José Luis Aguilar-López

José Luis Jaramillo-Alba

José Manuel Serrano

José Nicolás Pérez García

José Rancés Caicedo Portilla

Juan Daniel Vásquez-Restrepo

Juan Gabriel Abarca Alvarado

Juan Manuel Acosta-Ortiz

Juan Manuel Daza

Juan Manuel Díaz García

Juan Manuel Guayasamin

Juan Pablo Hurtado

Julián Andrés Rojas Morales

Julio César Hernández Hernández

Laura Camila Cabanzo Olarte

Laura Cecilia Sanchez

Laura Sonia Arzate-Garay

Leandro O. Drummond

Lenín Cáceres-Farias

Leopoldo Daniel Vázquez-Reyes

Liliana Ríos

Lorena Ailán Choke

Louis Porras

Luciano Ávila

Lucila Curi

Luis Díaz Gamboa

Luis Rojas-Murcia

Luis Santiago Caicedo-Martínez

Manuel Dueñas

Manuel Hernando Bernal Bautista

Marcio Martins

Marco Rada

Margarita García-Bastida

María Gabriela Agostini

Mario César Lavariega

Marissa Fabrezi

Marta Motte

Martha Anahi Guizado Rodríguez

Martha Patricia Ramírez Pinilla

Mauricio Sebastian Akmentins

Mauricio Tepos Ramírez

Miguel E. Hernández Vázquez

Mónica Soliz

Natalia Fierro Estrada

Nelson Velásquez

Nicolás Urbina Cardona

Norma Berenice Cruz Cano

Norma Leticia Manríquez Moran

Oswaldo Hernández-Gallegos

Paola Carrasco

Paul David Alfonso Gutiérrez Cárdenas

Paulino Ponce Campos

Pierre Charruau

Rafael Alejandro Lara Resendiz

Rafael de Fraga

Raquel Hernández-Austria

Regina Medina

Ricardo Montero

Ricardo Palacios Aguilar

Roberto Luna Reyes

Roberto Tenorio Mendoza

Rodrigo Macip Ríos

Rodrigo Martínez

Rogelio Cedeño Vázquez

Rogelio Rosas Valdez

Romel Sanchez

Romina Ghirardi

Salvador Guzmán-Guzmán

Samantha Ordóñez Flores

Sandra Patricia Galeano

Sean Rovito

Sebastian Duarte Marín

Selma Torquato

Síria Ribeiro

Taggert Butterfield

Teddy Angarita Sierra

Teresa Camacho Badani

Tonatiuh Ramírez-Reyes

Uri Omar Garcia Vazquez

Uriel Hernandez-Salinas

Vicente Mata-Silva

Victor Hugo Gonzalez Sanchez

Víctor Vásquez-Cruz

Victoria E. Cardona Botero

Victos Acosta Chaves

Virginia Abdala

Wilmar Bolívar Gracia

Yann Hénaut

Yazmín Alcalá Canto

Yolocalli Cisneros Bernal

Zeltzin Corina Rodríguez Ortíz

**Si existiera alguna omisión les pedimos encarecidamente se comuniquen al correo revista.latin.herpetologia@gmail.com

