



REVISTA LATINOAMERICANA DE HERPETOLOGÍA

ANFIBIOS Y REPTILES: DIVERSIDAD E HISTORIA NATURAL
VOLUMEN 08 NÚMERO 02 ABRIL-JUNIO 2025 ISSN: 2594-2158





Es una publicación con el apoyo de





Scientific Electronic Library Online



ISSN: 2594-2158 Volumen 08, Número 02, Abril-Junio 2025

Foto de portada: *Philodryas olfersii* depredando um indivíduo de Molossidae em

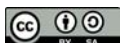
Cantagalo, Estado do Rio de Janeiro, Brasil.

Foto: Breno Camara.

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

Contacto: revista.latin.herpetologia@gmail.com

Revista Latinoamericana de Herpetología, año 8, no. 2, abril-junio 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. 04-2025-041514345400-102 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, 15/abril/2025.



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

COMITÉ EDITORIAL 2024-2026

Editores Asociados

Katyuscia Araujo-Vieira (Brasil)

Pier Cacciali (Paraguay)

Alessandro Catenazzi (Perú)

Pierre A.R.R.H. Charruau (México)

Thaís Condez (Brasil)

Luis Fernando Díaz Gamboa (México)

Marissa Fabrezi (Argentina)

Ana Gatica Colima (México)

Jimena Grosso (Chile)

Oswaldo Hernández Gallegos (México)

Carlos Alberto Hernández Jiménez (México)

Rafael Alejandro Lara Resendiz (México)

Mariana L. Lyra (Brasil)

Ricardo Itzcóatl Maldonado Reséndiz (México)

Norberto Martínez Méndez (México)

Nancy R. Mejía Domínguez (México)

Ricardo Montero (Argentina)

Jorge E. Morales Mávil (México)

Carlos Navas (Brasil)

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)

José Manuel Serrano (México)

Luis Sigler (Estados Unidos)

Jenny C. Urbina (Colombia)

Anyelet Valencia-Aguilar (Colombia)

Julián Andrés Velasco Vinasco (México)

Nelson Velásquez (Chile)

English Style Corrector

Brett Butler

Diseño Editorial

Andrea Vargas Fernández

Eugenio Froylan Rascón León

Carlos Antonio Rueda Escobedo

Nadia Berenice Amaya González

Angel Lenny Ayala Leyva

Leticia M. Ochoa Ochoa

CONTENIDO

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

DIMORFISMO SEXUAL EN LA LAGARTIJA VIVÍ PARA *SCELOPORUS SERRIFER* (SQUAMATA: PHRYNOSOMATIDAE) EN EL SURESTE DE SU DISTRIBUCIÓN.....23

Mariana Rodríguez-González, Aaron García-Rosales, Miguel A. Armella-Villalpando & Aurelio Ramírez-Bautista

TRÁFICO ILEGAL DE ANFIBIOS COLOMBIANOS ENTRE 2018-2022: TENDENCIAS, ESPECIES AFECTADAS E IMPLICACIONES PARA LA CONSERVACIÓN.....39

Marislayne Rojas-Trujillo, Catalina Ortiz-Arias & Edison D. Bonilla-Liberato

EPIDEMIOLOGÍA DE LAS MORDEDURAS POR SERPIENTE Y DISTRIBUCIÓN DE FÁBOTERÁPICOS EN AGUASCALIENTES, MÉXICO.....69

Karla Cruz-Ramírez, J. Jesús Sigala-Rodríguez, Roni Fernando Gómez-Martínez & Iván Villalobos-Juárez

DIVERSIDAD DE ANFIBIOS DE LA LOCALIDAD DE CAXUXUMAN, ZOZOCOLCO DE HIDALGO, VERACRUZ, MÉXICO.....84

Sandra Fabiola Arias Balderas & Ana Karen Nava-Salazar

HERPETOFAUNAL DIVERSITY OF A NATURAL PROTECTED AREA IN THE ESPINAL REGION OF CENTRAL-EASTERN ARGENTINA.....105

Matías E. Martínez, Laura C. Sanchez, Yanina A. Prieto, Malena Maroli, Quione I. Morguenstern & Ana L. Ronchi Virgolini

HERPETOPHAGY EVENTS BY BIRDS IN ECUADOR.....117

Héctor Cadena-Ortiz, Galo Buitrón-Jurado, Jaime Culebras & Manuel R. Dueñas

A COMPREHENSIVE ANALYSIS OF REPTILE DIVERSITY IN MADIDI NATIONAL PARK AND NATURAL INTEGRATED MANAGEMENT AREA,

ONE OF THE WORLD'S MOST BIOLOGICALLY DIVERSE PROTECTED AREAS.....141

James Aparicio, Mauricio Ocampo, Nuria Bernal-Hoverud, Enrique Domic & Robert B. Wallace

A BIOGEOGRAPHIC ODDITY IN A DISAPPEARING ECOSYSTEM: A NEW GLASSFROG (CENTROLENIDAE: NYMPHARGUS) FROM THE ECUADORIAN CHOCÓ.....185

Juan M. Guayasamin, Daniela Franco-Mena & Mateo A. Vega-Yáñez

A JOURNEY THROUGH THE AMPHIBIAN AND REPTILE COLLECTIONS AT THE INSTITUTO HUMBERTO IN COLOMBIA.....203

Daniela García-Cobos, María Castillo Ramírez, Juan F. Herrera-Alzate, Nicolás Castaño-Bernal, Alejandra M. Salazar-Guzmán, Andrés Aponte-Gutiérrez, Julián A. Rojas-Morales, Valeria Velasquez-Cañón, Yeny Rocio López-Perilla, Khristian Venegas-Valencia, Kevin G. Borja-Acosta & Sandra P. Galeano

MORPHOLOGICAL DESCRIPTION AND ANCESTRAL STATE RECONSTRUCTION OF THE HEMIPENES OF FIVE *ANOLIS* SPECIES (SQUAMATA: DACTYLOIDAE) DISTRIBUTED IN THE TRANS-ANDEAN REGION IN COLOMBIA.....230

Stiven Melo-Torres, Juliana Uchima, Nelsy Pinto-Sánchez & Paola Sánchez-Martínez

ÁMBITO DE HOGAR DE LA ESPECIE INTRODUCIDA *ANOLIS SAGREI* DUMÉRIL Y BIBRON, 1837 (IGUANIDAE: ANOLINAE) EN PAISAJES CON DIFERENTE INFLUENCIA ANTROPOGÉNICA EN EL OCCIDENTE DE ECUADOR.....265

Kelly G. Mora & Jaime A. Salas

DISTRIBUCIÓN Y ACTIVIDAD VOCAL DE LA RANA INVASORA *ELEUTHERODACTYLUS JOHNSTONEI* (ANURA: ELEUTHERODACTYLIDAE) EN IBAGUÉ-COLOMBIA.....293

Mariana Polo-Cardoso, Heidy Alejandra Granada-Delgado & Manuel Hernando Bernal-Bautista

NOTAS CIENTÍFICAS

FIRST DOCUMENTED RECORD OF AMPHIBIAN PREDATION BY *TROPIDOPHIS BOULENGERI* (TROPIDOPHIDAE) IN THE WILD.....1

Jaime Culebras & Francesca N. Angiolani-Larrea

DEPREDACIÓN DE LA SERPIENTE LIRA CENTROAMERICANA <i>TRIMORPHODON QUADRUPLEX</i> POR LA ARAÑA HERRANTE <i>ANCYLOMETES BOGOTENSIS</i> EN GUANACASTE, COSTA RICA.....	6	PRIMER REGISTRO DE AXANTISMO EN UN REPTIL MEXICANO: EL CASO DEL GARROBO NEGRO, <i>CTENOSAURA SIMILIS</i> (SQUAMATA: IGUANIDAE).....	130
Roberto Fernández Ugalde & Alejandro Solórzano		Marco Antonio Rojas-Mendez, Saúl Saldaña-Martínez & Joaquín Villegas-Ruíz	
REPRODUCTION IN THE VIVIPAROUS MEXICAN ENDEMIC LIZARD <i>ABRONIA GADOVII</i> (SQUAMATA: ANGUIDAE).....	9	NEW CONTRIBUTIONS ON THE REPRODUCTION OF TWO AMAZONIAN ANOLES: <i>ANOLIS FUSCOAURATUS</i> AND <i>ANOLIS PUNCTATUS</i> (ANOLIDAE).....	137
Adán Bautista-del Moral, Diego Miguel Arenas-Moreno & Fausto Roberto Méndez-de la Cruz		Joseph L. Oakley & G. Milagros Reyes-Lizarraga	
FIRST RECORD OF <i>DENDROPSOPHUS COLUMBIANUS</i> (HYLIDAE) USING BEE HOTELS AS SHELTER IN COLOMBIA.....	19	FIRST RECORD OF UNILATERAL ANOPHTHALMIA IN <i>ANAXYRUS BOREAS HALOPHILUS</i> (BAIRD AND GIRARD, 1852) (ANURA: BUFONIDAE) IN ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MEXICO.....	162
Diego Álvarez-Arellano & Shirley Palacios-Castro		Leonardo Ponce-Rosales, Perla Jazbeth Chuc-Martínez, Gabriel Suárez-Varón, & Oswaldo Hernández-Gallegos	
DEATH OF AN ADULT <i>CROTALUS CERASTES</i> (VIPERIDAE) DUE TO INGESTION OF <i>DIPSOSAURUS DORSALIS</i> (IGUANIDAE).....	31	PREDATION OF THE RED-EYED TREEFROG <i>AGALYCHNIS CALLIDRYAS</i> (ANURA: HYLIDAE) BY THE CENTRAL AMERICAN BULLFROG <i>LEPTODACTYLUS SAVAGEI</i> (ANURA: LEPTODACTYLIDAE), COSTA RICA.....	170
Leonardo Ponce-Rosales, Gabriel Suárez-Varón, Oswaldo Hernández-Gallegos, Leonardo Fernández-Badillo & Karime G. Gómez-Moreno		Sergio Villegas & Charlyn Elizondo Montano	
REPORTE DE ANUROFAGIA EN <i>AMBYSTOMA VELASCI</i> (CAUDATA: AMBYSTOMATIDAE) DE QUERÉTARO, MÉXICO.....	34	ESFUERZO REPRODUCTIVO Y CARACTERÍSTICAS DE NEONATOS DE <i>METLAPILCOATLUS OLMEC</i> EN CAUTIVERIO (SERPENTES: VIPERIDAE).....	174
Claudia Jazmín Martínez-Ramírez, Norma Hernández-Camacho, Jesús Luna-Cozar, & Raciél Cruz-Elizalde		Héctor A. Vargas-Ramírez, Carlos Alán Moreira-Campos, David Lazcano, Marcos Martínez-Duarte & Diego M. Arenas-Moreno	
FIRST RECORD OF A PREDATION EVENT ON A COMMON HOUSE GECKO <i>HEMIDACTYLUS FRENATUS</i> (SQUAMATA: GEKKONIDAE) BY A MILK FROG <i>TRACHYCEPHALUS TYPHONIUS</i> (ANURA: HYLIDAE) IN AN URBAN AREA.....	58	FROG EGGS ON THE MENU: RINGED GLASSTAIL SNAKE, <i>PLIOCERCUS EURYZONUS</i> (SQUAMATA: DIPSADIDAE) PREYING ON AN EGG MASS OF GLIDING LEAF FROG, <i>AGALYCHNIS SPURRELLI</i> (ANURA: PHYLLomedusidae) IN COSTA RICA.....	226
José Rogelio Cedeño-Vázquez & Erandi Cedeño-Zacarías		Alexander Moya-Valverde & Rosbil González	
A CASE OF KYPHOSCOLIOSIS FOUND IN A WILD VIPER <i>BOTHROPS AMMODYTOIDES</i> (SERPENTES: VIPERIDAE) FROM THE CENTRAL ANDES OF ARGENTINA.....	93	MALFORMACIÓN CAUDAL EN <i>CAIMAN CROCODYLUS</i> (ALLIGATORIDAE) EN EL SITIO RAMSAR BARRA DE SANTIAGO, EL SALVADOR.....	254
Martina Feldman, Franco Valdez Ovallez, Yamila Méndez Osorio, Jeremías Luis Villafañe, Nicolás Emmanuel Damiani, Paola A. Carrasco & Rodrigo Gómez Alés		Carlos R. Avilés, Jazminne S. Paiz, Johana Sermeño, Juan A. Pérez, Jordi H. Segura & R. Joel Espinal	
THE FIFTH RECORD FOR THE ENDEMIC SNAKE OF GUATEMALA: REDISCOVERY OF <i>TANTILLA BAIRDI</i> (SQUAMATA: COLUBRIDAE).....	99	PRIMER REGISTRO DEL COMPORTAMIENTO DEFENSIVO POSTURA UNKEN EN UNA RANA CRÍPTICA CENTROAMERICANA <i>ELACHISTOCLEIS PANAMENSIS</i> (ANURA: MICROHYLIDAE).....	277
J. Renato Morales-Mérida, María José Chang Antillón, Rosa A. Roldán & Katarina Hooper		Katherine González & Carolina Mitre-Ramos	

POSSIBLE PREDATION EVENT ON A BROWN ANOLE *ANOLIS SAGREI* (SQUAMATA: ANOLIDAE) BY A MEXICAN RED RUMP TARANTULA *TLLITOCATL VAGANS* (ARANEAE: THERAPHOSIDAE) IN QUINTANA ROO, MEXICO.....**282**

José Rogelio Cedeño-Vázquez, Erandi Cedeño-Zacarías, César Raziel Lucio Palacio & Daniela Thalía Candia Ramírez

AMELY IN A FEMALE OF *PHRYNOSOMA ORBICULARE* (SQUAMATA: PHRYNOSOMATIDAE).....**286**

Gabriel Suárez-Varón, Ivonne Tovar-Alva, Gisela Granados-González, Oswaldo Hernández-Gallegos, Heliot Zarza & Juan Carlos González-Morales

PITUOPHIS LINEATICOLLIS (SQUAMATA: COLUBRIDAE): RECORD OF MAXIMUM LENGTH IN WILDLIFE.....**290**

Jesus García Grajales, Liliana Salinas Quintas & Alejandra Buenrostro Silva

PREDATION OF TWO BATS MOLOSSIDAE (CHIROPTERA) BY THE LICHTENSTEIN'S GREEN RACER *PHILODRYAS OLFERSII* (SERPENTES: DIPSADIDAE) IN SOUTHEASTERN BRAZIL.....**302**

Lidia Silva de Lima, Nádia Santos-Cavalcante, Lucas de Souza Almeida, Paulo Roberto Machado-Filho, Breno Camara Gomes & Rodrigo C. Gonzalez

PREDATION ON *DENDROPSOPHUS MINUTUS* (HYLIDAE) BY *OXYOPSIS* SP. (MANTIDAE) IN THE STATE OF MINAS GERAIS, SOUTHEAST BRAZIL.....**305**

Arthur Schramm de Oliveira, Martin Schossler, Saulo Antonini Juppen, João Felipe Herculanro Rocha & Rafael Lucchesi Balestrin

DISCOVERY OF THE EGGS OF *BOLITOGLOSSA PANDI* (CAUDATA: PLETHODONTIDAE) WITH OBSERVATIONS ON ITS REPRODUCTIVE BIOLOGY.....**309**

Giovanni A. Chaves-Portilla & Juan David Fernández-Roldán

FIRST REPORT OF OCULAR HETEROCHROMIA IN *BOANA MARGINATA* (BOULENGER, 1887) (ANURA: HYLIDAE) IN ATLANTIC FOREST, SOUTHERN BRAZIL.....**315**

Thomas W. G. Oriá, Camila R. O. Leal, Beatriz F. L. Luciano, Daniela G. F. Comin, Samuel C. R. de Oliveira, Vera L. L. de Oliveira & Karoline Ceron

NOTAS DE DISTRIBUCIÓN

NUEVO REGISTRO DE *INDOTYPHLOPS BRAMINUS* (TYPHLOPIDAE) EN EL ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO.....**15**

Lizeth Solano-García, Aldo Gómez-Benitez & Oswaldo Hernández-Gallegos

NEW DISTRIBUTIONAL RECORDS OF TREEFROGS (AMPHIBIA: HYLIDAE) FROM GUERRERO MEXICO.....**54**

Ricardo Palacios-Aguilar, F. Sebastian Palacios-Resendiz & Eduardo Yesua Barrera-Nava

UN NUEVO REGISTRO DE *ELEUTHERODACTYLUS PLANIROSTRIS* (COPE, 1862) (ANURA, ELEUTHERODACTYLIDAE) EN PANAMÁ.....**62**

Manuel Walter-Conrado, Nelson Guevara-Alvarado & Ángel Sosa-Bartuano

PSEUDOERYCEA JAGUAR (PLETHODONTIDAE).....**67**

Rafael Peralta Hernández

GEOGRAPHIC RANGE EXTENSION OF *ABRONIA MELEDONA* TO THE PACAYA VOLCANO, ESCUINTLA, GUATEMALA.....**166**

Elizabeth Aguilar, Silvia Anaité López & Daniel Ariano-Sánchez

PRIMER REGISTRO DE *IMANTODES CENCHOA LINNAEUS*, 1758 (SQUAMATA: DIPSADIDAE) PARA EL DEPARTAMENTO DE CAAGUAZU, PARAGUAY.....**179**

José Feliciano Maciel-Méndez & Milagros de Jesús Subeldía

NEW RECORD OF *MARISORA AQUILONARIA* (SQUAMATA: SCINCIDAE) IN ESTADO DE MÉXICO, MEXICO.....**182**

Naomi N. Ávila-Jiménez, Marysol Trujano-Ortega, Antonio E. Valdenegro-Brito, Rodrigo G. Martínez-Fuentes, Juan C. Sánchez-García & Uri O. García-Vázquez

REGISTRO DE DISTRIBUCIÓN DE *LAMPROPELTIS POLYZONA*, EN PUEBLO NUEVO, DURANGO, MÉXICO.....**259**

Jesús Favela-Mesta & Christian Berriozabal-Islas

NUEVO REGISTRO DE *LEPTODEIRA SEPTENTRIONALIS POLYSTICTA* (SQUAMATA: DIPSADIDAE) EN LA SIERRA



DE TAXCO, GUERRERO, MÉXICO.....263

Ricardo Abraham Domínguez-Acevedo, Timo Budesheim, Alexis Aguilar-Cruz & Carlos J. Pavón-Vázquez

OPHRACUS UNDULATUS (JAN, 1859) NEW MUNICIPALITY RECORD IN OAXACA, MEXICO.....319

Angel I. Contreras-Calvario, Rafael Beltrán-Mas, Tereso López-García, Matthias Rös & Medardo Arreortúa

EXPANDING OUR KNOWLEDGE OF ANURANS IN THE COLOMBIAN ANDES: NEW RECORDS OF *PRISTIMANTIS BUCKLEYI* (BOULENGER, 1882) AND RANGE EXTENSIONS FOR *NICEFORONIA ADENOBRACHIA* (ARDILA-ROBAYO, RUIZ-CARRANZA, AND BARRERA-RODRÍGUEZ, 1996) AND *NICEFORONIA LATENS* (LYNCH, 1989).....321

Germán D. Gallego-Chica, Cynthia Ávila-Rojas, Daniel Alejandro Londoño-Campo, Andrés Montes-Londoño, Larri Álvarez-Rodas & Kevin J. López-Molina



ISSN: 2594-2158 Volumen 08, Número 02, Abril-Junio 2025

Imagen: *Nymphargus viglei* sp. nov. en su ambiente natural.

Ilustración: Valentina Nieto Fernandez.

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

Contacto: revista.latin.herpetologia@gmail.com



FIRST DOCUMENTED RECORD OF AMPHIBIAN PREDATION BY *TROPIDOPHIS BOULENGERI* (TROPIDOPHIIDAE) IN THE WILD

PRIMER REGISTRO DOCUMENTADO DE DEPREDACIÓN DE ANFIBIO POR *TROPIDOPHIS BOULENGERI* (TROPIDOPHIIDAE) EN LA NATURALEZA

Jaime Culebras^{1,2*} & Francesca N. Angiolani-Larrea³

¹Photo Wildlife Tours, Quito, Ecuador.

²Fundación Cóndor Andino, Quito, Ecuador.

³Division of Behavioural Ecology, Institute of Ecology and Evolution, University of Bern, Bern, Switzerland.

*Correspondence: jaimedio85@gmail.com

Received: 2024-07-31. Accepted: 2024-12-11. Published: 2025-04-02.

Editor: Alessandro Catenazzi, Perú.

Resumen.– Reportamos el primer caso documentado de la Boa pigmea de Boulenger (*Tropidophis boulengeri*) depredando a un anfibio (*Craugastor longirostris*) en estado silvestre en la Reserva Canandé, Provincia Esmeraldas, Ecuador. Este nuevo registro se obtuvo en un bosque húmedo tropical, lo que aporta nueva información sobre la ecología alimentaria de la especie y proporciona evidencia de depredación de anfibios en estado silvestre.

Palabras clave.– Dieta, historia natural, serpiente, Strabomantidae, Tropidophis.

Abstract.– We report the first documented case of the Northern Eyelash Boa (*Tropidophis boulengeri*) predating on an amphibian (*Craugastor longirostris*) in the wild in Canandé Reserve, Esmeraldas Province, Ecuador. This new record was obtained in a tropical humid forest, contributing new information about the species' feeding ecology and providing evidence of amphibian predation in the wild.

Keywords.– Diet, natural history, snake, Strabomantidae, Tropidophis.

Tropidophis boulengeri (Peracca, 1910) is a nocturnal snake that belongs to the Tropidophiidae family (Uetz et al., 2023; Zaher et al., 2024). While it mostly exhibits terrestrial and aquatic habits (Lehmann, 1969; Lehmann, 1974; Dwyer et al., 2018), it has occasionally been observed climbing (Lehmann, 1969; Jaime Culebras pers. obs.), and Harrington et al. (2018) considered it as semi-arboreal. This species is distributed from the lowlands and foothills of northwestern Ecuador through western Colombia to eastern Panama (Peracca, 1910; Dunn & Bailey, 1939; Peters, 1960; Stimson, 1969; Peters & Orejas-Miranda, 1970; Cisneros-Heredia, 2004; MECN, 2009; Ortega-Andrade et al., 2010; Torres-Carvajal et al., 2019; Linares Vargas, 2021).

Despite some studies on its natural history (e.g., Barbour, 1937; Lehmann, 1969; Lehmann, 1974; Rödel et al., 2023), little is known about its diet. Most reports come from captive specimens fed on amphibians and fishes not native to *T. boulengeri*'s distribution range (Lehmann, 1969; Lehmann, 1974). Dwyer et

al. (2018) mentioned captive *T. boulengeri* feeding on *Pristimantis* and *Gastrotheca*, two genera that have some species in sympatry with *T. boulengeri*, but without information on diet in the wild. Two events of fish predation have been recorded in the wild, both involving species of the Astroblepidae family (Dwyer et al., 2018; Griesbaum et al., 2023), and one for a frog, *Leptodactylus melanonotus*, but without evidence (Dwyer et al., 2018).

On 21 May 2022, at 1:45 h, we found an adult *T. boulengeri* on a stream bank in Canandé Reserve, Esmeraldas Province, Ecuador (0.5236° N; 79.2125° W, 350 m a.s.l.), preying on an adult *Craugastor longirostris* (Boulenger, 1898), a semi-arboreal, nocturnal frog typically found in well-preserved forests near streams. *Craugastor longirostris* measure 28.8 to 59.6 mm in snout-vent length (SVL), and their diagnostic characters are a prominent tympanic ring and eardrum, smooth belly skin, no dorsolateral folds, moderate interdigital webbing on feet, and toe V shorter than III (Read et al., 2022).

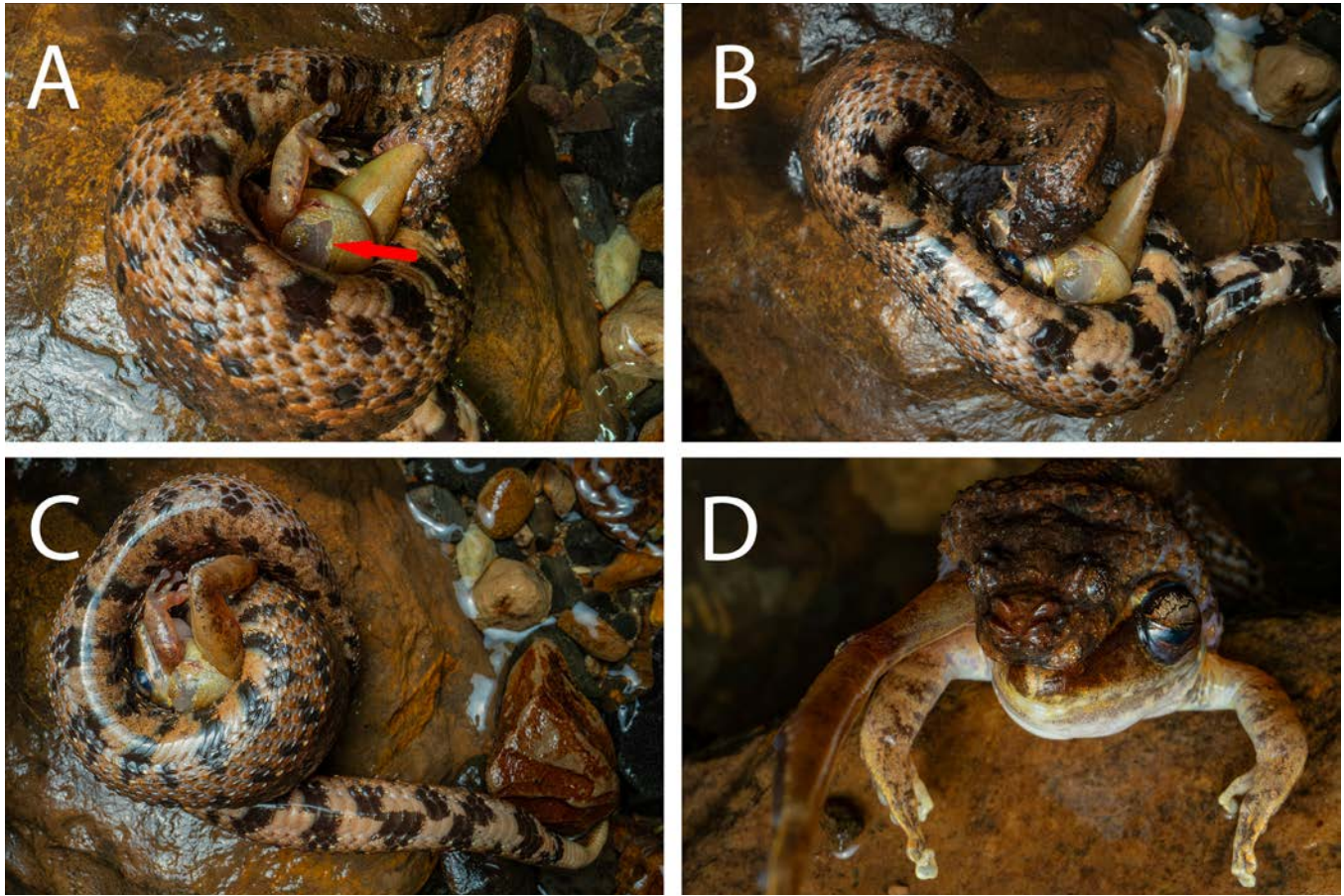


Figura 1. Secuencia de la depredación de una *Craugastor longirostris* por una *Tropidophis boulengeri* en la Reserva Canandé, Ecuador: La *T. boulengeri* está enrollada alrededor del cuerpo de la *C. longirostris* mientras le muerde la pata derecha (A), *T. boulengeri* oliendo a la *C. longirostris* (B), *T. boulengeri* engullendo a la *C. longirostris* desde las patas traseras mientras continúa constriñéndola (C), *T. boulengeri* detiene la constricción cuando la ingestión de la *C. longirostris* casi ha sido completada (D). Fotos: Jaime Culebras.

Figure 1. Sequence of the *Craugastor longirostris* predation by *Tropidophis boulengeri* at Canandé Reserve, Ecuador: *T. boulengeri* is wrapped around the *C. longirostris* body while biting on its right leg (A), *T. boulengeri* smelling the body of the *C. longirostris* (B), *T. boulengeri* swallowing the *C. longirostris* from the hind legs while continuing to constrict it (C), *T. boulengeri* stops the constriction when the ingestion of the *C. longirostris* has been almost completed (D). Photos: Jaime Culebras.

We found the snake coiled around the frog's body, biting its right leg. The frog had a fresh wound on its side, with the skin torn, likely from the bite (Fig. 1A). At 1:48 h, the snake seemed to smell (Kubie & Halpern, 1975) on the frog for a while, and bit it on various parts of its body (Fig. 1B). By 1:51 h, the snake started swallowing the frog from the hind legs while continuing to constrict the still-living frog (Fig. 1C). The snake stopped constricting at 2:03 h, when the frog had been practically fully swallowed (Fig. 1D). Full ingestion was completed at 2:17 h, after 26 minutes. The snake maintained its constriction for most of the ingestion process.

In captivity, Lehmann (1969) reported that *T. boulengeri* constricted prey without holding it in the mouth, a behavior also observed in the wild by Dwyer et al. (2018)— although the

latter situation involved human intervention to condition the fish to approach the snake, and the snake released the fish alive after 30 minutes of constriction. Also, constriction can last from 2-3 minutes to 120 minutes (Lehmann, 1969; Lehmann, 1974). Since we found the snake when the predation event had already begun, we cannot know if the snake displayed similar behaviors and for how long. Not needing to hold the prey in the mouth may be an adaptation for underwater hunting, as Lehmann (1969) suggested. In contrast, Vogel (1968) observed others captive *Tropidophis* ingesting live anurans without constriction.

Although we did not weight the frog, it represented a large prey in proportion to the snake's body size, which likely contributed to the extended ingestion time, as noted in other snakes (Cruz-García et al., 2023; Gonzalez-Acosta et al., 2023).

Lehmann (1969) reported captive *T. boulengeri* consuming prey that exceeded 50 % of their body weight.

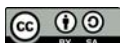
In a previous report, Dwyer et al. (2018) reported a subadult *T. boulengeri* eating a juvenile *L. melanonotus*, but no photographic evidence or detailed descriptions were provided. Therefore, we report the first documented case of *T. boulengeri* preying on an amphibian in the wild, and the first recorded instance of predation on *C. longirostris*.

Although knowledge about amphibians and reptiles has grown significantly in recent years (e.g., Guayasamin et al., 2022; Angiolani-Larrea et al., 2023; Jones et al., 2024; Torres-Carvajal et al., 2024), large information gaps remain in our understanding of their natural history. Diet records are important to expand knowledge of ecological interactions between species, to better understand the effects and consequences of species declines (Zipkin et al., 2020) and their broader ecological impacts, including potential effects on humans (Springborn et al., 2022).

Acknowledgements.– This study was supported by the Swiss National Science Fund (SNSF) [grant 197921, PI: ER]. We thank Eva Ringler, the Jocotoco Foundation and Canandé Reserve for the logistical support and Lelis Jindiachi and José Tinajero for their support during fieldwork.

LITERATURE CITED

- Angiolani-Larrea, F.N., L. Jindiachi, J.G. Tinajero-Romero, A. Valencia-Aguilar, M. Garrido-Priego, J. Culebras & E. Ringler. 2023. Egg burying behaviour in *Pristimantis* highlights the link between direct development and specialised parental care. *Ecology and Evolution* 13:e10808.
- Barbour, T. 1937. Ovoviviparity in *Trachyboa*. *Copeia* 1937:139.
- Cisneros-Heredia, D.F. 2004. *Trachyboa boulengeri*. *Herpetological Review* 35:413.
- Cruz-García, K., N. Chauca & N. Zapata. 2023. Predation of *Enyalioides praestabilis* (Hoplocercidae) by *Imantodes cenchoa* (Colubridae) on San Miguel de Conchay, Morona-Santiago Province, Ecuador. *Revista Latinoamericana De Herpetología* 6:180-183.
- Dunn, E.R. & J.R. Bailey. 1939. Snakes from the uplands of the Canal Zone and of Darien. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College* 86:1-22.
- Dwyer, Q., A. Arteaga, C.L. Barrio-Amorós & A. Fagle. 2018. *Trachyboa boulengeri*. Diet. *Herpetological Review* 49:359-360.
- Gonzalez-Acosta, C., E. Erb & J. Culebras. 2023. First Report of Predation of *Imantodes cenchoa* (Colubridae) on *Basiliscus galeritus* (Corytophanidae) in a tropical humid forest in Colombia. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:127-130.
- 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.
- Guayasamin, J.M., R.M. Brunner, A. Valencia-Aguilar, D. Franco-Mena, E. Ringler, A. Medina-Armijos, C. Morochz, L. Bustamante, R.J. Maynard & J. Culebras. 2022. Two new glassfrogs (Centrolenidae: *Hyalinobatrachium*) from Ecuador, with comments on the endangered biodiversity of the Andes. *PeerJ* 10:e13109.
- Harrington, S.M., J.M. de Haan, L. Shapiro, S. Ruane. 2018. Habits and characteristics of arboreal snakes worldwide: arboreality constrains body size but does not affect lineage diversification. *Biological Journal of the Linnean Society* 125:61-71.
- Jones, S.H., D. Franco-Mena, D.Z. Cantos, J.C.L. Vélez, C. Aulestia, R.A. Zahawi & J.M. Guayasamin. 2024. Range expansion for the Critically Endangered poison-dart frog *Leucostethus bilsa* Vigle et al., 2020 (Amphibia, Dendrobatidae), demonstrating the importance of small forest reserves in the Ecuadorian Chocó. *Check List* 20:853-858.
- Kubie, J. & M. Halpern. 1975. Laboratory observations of trailing behavior in garter snakes. *Journal of Comparative and Physiological Psychology* 89:667-674.
- Lehmann, H.D. 1969. Beobachtungen bei der Haltung und Aufzucht von *Trachyboa boulengeri* (Serpentes, Boidae). *Salamandra* 6:32-42.
- Lehmann, H.D. 1974. *Trachyboa boulengeri* (Serpentes, Boidae) frisst Fische. *Salamandra* 10:132-133.
- Linares-Vargas, C.A. 2021. *Trachyboa boulengeri* Peracca, 1910 Boa pigmea de Boulenger. *Catálogo de anfibios y reptiles de Colombia* 7:72-78.
- MECN. 2009. Guía de Campo de los Pequeños Vertebrados del Distrito Metropolitano de Quito. Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales, Fondo Ambiental del MDMQ, Quito, Ecuador.



- Ortega-Andrade, H.M., J. Bermingham, C. Aulestia & C. Paucar. 2010. Herpetofauna of the Bilsa Biological Station, province of Esmeraldas, Ecuador. Check List 6:119-154.
- Peracca, M.G. 1910. Descrizione di alcune nuove specie di Ofidii del Museo Zoologico della R.a Università di Napoli. Annuario del Museo zoologico della Università di Napoli 3:1-3.
- 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 297:305.
- Read, M., S. Ron, M.H. Yáñez-Muñoz & G. Pazmiño-Armijos. 2022. *Craugastor longirostris* in: Anfíbios del Ecuador. Version 2024.0. <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/> [accessed July 2024]
- Rödel, M.O., A. Loaiza-Lange, J. Penner, K.D. Neira-Salamea, D. Salazar-Valenzuela. 2023. A mouth full of blood-autohaemorrhaging in three Ecuadorian snakes (Squamata: Colubridae & Tropidophiidae). Herpetology Notes 16:25-30.
- Springborn, M., J. Weill, K. Lips, R. Ibanez & A. Ghosh. 2022. Amphibian collapses increased malaria incidence in Central America. Environmental Research Letters 17:104012.
- Stimson, A.F. 1969. Liste der rezenten Amphibien und Reptilien. Boidae (Boinae, Bolyeriinae, Loxoceminae, Pythoninae). Das Tierreich 89:1-49.
- Torres-Carvajal, O., K.C. Hinojosa & D.A. Paucar. 2024. A New Species of *Erythrolamprus* (Serpentes: Dipsadidae) from the Andes of Ecuador. Journal of Herpetology 58:1-11.
- Torres-Carvajal O., G. Pazmiño-Otamendi, D. Salazar-Valenzuela. 2019. Reptiles of Ecuador: a resource-rich portal, with a dynamic checklist and photographic guides. Amphibian & Reptile Conservation 13:209-229.
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar, F. Reyes, J. Kudera & J. Hošek (Eds.). 2023. The Reptile Database. <http://www.reptile-database.org> [accessed July 2024]
- Vogel, Z. 1968. Riesenschlangen aus aller Welt. A. Ziemsen Verlag, Wittenberg, Germany.
- Zaher, H., C. Trusz, C. Koch, O.M. Entiauspe-Neto, J. Battilana & F.G. Grazziotin. 2024. Molecular phylogeny and biogeography of the dwarf boas of the family Tropidophiidae (Serpentes: Alethinophidia). Systematics and Biodiversity 22:2319289.
- Zipkin, E., G. DiRenzo, J. Ray, S. Rossman & K. Lips. 2020. Tropical snake diversity collapses after widespread amphibian loss. Science 367:814-816.



APPENDIX. TRANSLATION OF THE ARTICLE TO SPANISH.

APÉNDICE. TRADUCCIÓN DEL ARTÍCULO AL ESPAÑOL.

Tropidophis boulengeri (Peracca, 1910) es una serpiente nocturna que pertenece a la familia Tropidophiidae (Uetz et al., 2023; Zaher et al., 2024). Si bien presenta principalmente hábitos terrestres y acuáticos (Lehmann, 1969; Lehmann, 1974; Dwyer et al., 2018), se la ha observado ocasionalmente trepando (Lehmann, 1969; Jaime Culebras obs. pers.) y en Harrington et al. (2018) la consideraron como semiarbórea. Esta especie se distribuye desde las tierras bajas y estribaciones del noroeste de Ecuador, pasando por el oeste de Colombia hasta el este de Panamá (Peracca, 1910; Dunn & Bailey, 1939; Peters, 1960; Stimson, 1969; Peters & Orejas-Miranda, 1970; Cisneros-Heredia, 2004; MECN, 2009; Ortega-Andrade et al., 2010; Torres-Carvajal et al., 2019; Linares Vargas, 2021).

A pesar de algunos estudios sobre su historia natural (p. ej., Barbour, 1937; Lehmann, 1969; Lehmann, 1974; Rödel et al., 2023), se sabe poco sobre su dieta. La mayoría de los reportes provienen de especímenes cautivos alimentados con anfibios y peces no nativos del rango de distribución de *T. boulengeri* (Lehmann, 1969; Lehmann, 1974). Dwyer et al. (2018) mencionaron a *T. boulengeri* en cautiverio alimentado con *Pristimantis* y *Gastrotheca*, dos géneros con algunas especies en simpatria con *T. boulengeri*, pero sin información de dieta en la naturaleza. Se han registrado dos eventos de depredación de peces en la naturaleza, ambos involucrando especies de la familia Astroblepidae (Dwyer et al., 2018; Griesbaum et al., 2023) y uno de una rana, *Leptodactylus melanonotus*, pero esta última sin evidencia (Dwyer et al., 2018).

El 21 de mayo de 2022, a las 1:45 h, encontramos un *T. boulengeri* adulto en la orilla de un riachuelo en la Reserva Canandé, Provincia de Esmeraldas, Ecuador (0.5236° N; 79.2125° O, 350 m s.n.m.), depredando a un adulto de *Craugastor longirostris* (Boulenger, 1898), una rana nocturna semiarbórea que se encuentra típicamente en bosques bien conservados cerca de arroyos. *Craugastor longirostris* mide de 28.8 a 59.6 mm de longitud hocico-cloaca (SVL), y sus caracteres diagnósticos son un anillo timpánico y un tímpano prominentes, piel lisa en el vientre, sin pliegues dorsolaterales, membrana interdigital moderada en los pies y dedo V más corto que III (Read et al., 2022). Encontramos a la serpiente enrollada alrededor del cuerpo de la rana, mordiéndole la pata derecha. La rana tenía una herida reciente en el costado, con la piel desgarrada, probablemente por la mordedura (Fig. 1A). A las 1:48 h, la serpiente pareció oler (Kubie & Halpern, 1975) a la rana por un rato, y la mordió en varias partes de su cuerpo (Fig. 1B). A las 1:51 h, la serpiente comenzó a tragar a la rana por las patas traseras mientras continuaba constreñiendo la rana aún viva (Fig. 1C). La serpiente dejó de constreñir a las 2:03 h, cuando la rana había sido prácticamente tragada por completo (Fig. 1D). La ingestión completa se logró a las 2:17 h, después de 26 minutos. La serpiente mantuvo su constricción durante la mayor parte del proceso de ingestión.

En cautiverio, Lehmann (1969) informó que *T. boulengeri* constreñía a la presa sin sostenerla en la boca, un comportamiento también observado en la naturaleza por Dwyer et al. (2018) — aunque esta última situación implicó la intervención humana para condicionar al pez a acercarse a la serpiente, y la serpiente liberó el pez vivo después de 30 minutos de constricción. Además, la constricción puede durar de 2-3 minutos a 120 minutos (Lehmann, 1969; Lehmann, 1974). Dado que encontramos a la serpiente cuando el evento de depredación

ya había comenzado, no podemos saber si la serpiente mostró comportamientos similares y durante cuánto tiempo. No necesitar sostener la presa en la boca puede ser una adaptación para la caza subacuática, como sugirió Lehmann (1969). En contraste, Vogel (1968) observó a otros *Tropidophis* cautivos ingiriendo anuros vivos sin constricción. Aunque no pesamos la rana, representaba una presa grande en proporción al tamaño corporal de la serpiente, lo que probablemente contribuyó al tiempo prolongado de ingestión, como se observó en otras serpientes (Cruz-García et al., 2023; Gonzalez-Acosta et al., 2023). Lehmann (1969) informó que *T. boulengeri* en cautiverio consumía presas que excedían el 50% de su peso corporal.

En un registro anterior, Dwyer et al. (2018) reportaron un subadulto de *T. boulengeri* comiendo un juvenil de *Leptodactylus melanonotus*, pero no se proporcionaron pruebas fotográficas ni descripciones detalladas. Por lo tanto, informamos el primer caso documentado de *T. boulengeri* depredando a un anfibio en estado silvestre y el primer caso registrado de depredación de *C. longirostris*.

Aunque el conocimiento sobre los anfibios y reptiles ha crecido significativamente en los últimos años (p. ej., Guayasamin et al., 2022; Angiolani-Larrea et al., 2023; Jones et al., 2024; Torres-Carvajal et al., 2024), aún existen grandes lagunas de información en nuestra comprensión de su historia natural. Los registros de dieta son importantes para ampliar el conocimiento de las interacciones ecológicas entre especies, para comprender mejor los efectos y las consecuencias de la disminución de las especies (Zipkin et al., 2020) y sus impactos ecológicos más amplios, incluidos los posibles efectos sobre los humanos (Springborn et al., 2022).

DEPREDACIÓN DE LA SERPIENTE LIRA CENTROAMERICANA *TRIMORPHODON QUADRUPLEX* POR LA ARAÑA HERRANTE *ANCYLOMETES BOGOTENSIS* EN GUANACASTE, COSTA RICA

PREDATION OF THE CENTRAL AMERICAN LYRESNAKE *TRIMORPHODON QUADRUPLEX* BY THE WANDERING SPIDER *ANCYLOMETES BOGOTENSIS* IN GUANACASTE, COSTA RICA

Roberto Fernández Ugalde¹ & Alejandro Solórzano^{2*}

¹Parque Nacional Santa Rosa, Área de Conservación Guanacaste (ACG), Liberia, Guanacaste, Costa Rica.

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

*Correspondence: solorzano29@gmail.com

Received: 2024-08-30. Accepted: 2024-12-15. Published: 2025-04-04.

Editor: César Antonio Ríos Muñoz, México

Abstract.— A novel case of predation of a juvenile Central American lyresnake *Trimorphodon quadruplex* (Colubridae) by the Wandering spider *Ancylometes bogotensis* (Ctenidae) in the Pacific northwestern region of Costa Rica is presented. This species of spider is known to be an active predator of small amphibians and reptiles, in addition to including a wide diversity of invertebrates in their diet, which it immobilizes with its venom.

Keywords.— Feeding behavior, interaction snake-spider, Reptilia, Serpentes.

Resumen.— Se presenta un caso novedoso de depredación de un juvenil de serpiente lira centroamericana *Trimorphodon quadruplex* (Colubridae) por la araña errante *Ancylometes bogotensis* (Ctenidae) en el Pacífico noroeste de Costa Rica. Esta especie de araña es conocida por ser un activo depredador de pequeños anfibios y reptiles, además de incluir en su dieta una amplia diversidad de invertebrados, a los que inmoviliza con su veneno.

Palabras clave.— Comportamiento alimenticio, interacción serpiente-araña, Reptilia, Serpentes

Arthropods preying on vertebrates is a topic that is generally overlooked in ecological studies, as it is not frequently observed in the field, and has been considered uncommon probably due to the cryptic nature of these events, the relatively large small size of arthropods and the difficulty in collecting scattered information in the literature (Valdez, 2020). However, although certain groups of arthropods (mainly spiders) are currently known to hunt and eat vertebrates, little is known about these predatory interactions (Nordberg et al., 2018; Valdez, 2020). In the specific case of snakes, predation by various groups of spiders is an event that has been widely documented, especially in the United States and Australia, and involves species that have highly toxic venom and/or strong spider webs, and which includes mostly members of the Theraphosidae (tarantulas) and Theridiidae (widow spiders) families (Nyffeler & Gibbons, 2021).

In Central and South America, there have also been reports of predation on snakes (including venomous species of the Elapidae and Viperidae families) by spiders of the aforementioned families (e.g., Nyffeler & Gibbons, 2021; Núñez Escalante & Moreno Chinchilla, 2021; Solórzano, 2022), and also by hunting spiders of the Ctenidae family, especially of the species *Ancylometes bogotensis*, known as the Wandering Spider, Giant Fishing Spider or Tropical Wolf Spider. It is a large species that is distributed from Honduras in Central America to Bolivia in South America (Höfer & Brescovit, 2000; World Spider Catalog, 2024). In Costa Rica it is relatively commonly observed in rainy and dry forests on both slopes where it usually moves around the periphery of water sources in search of prey (a large diversity of invertebrates). Nevertheless, this species is well known for its tendency to capture and eat small vertebrates, mainly frogs, fish, and lizards (Dehling, 2007; Nyffeler & Pusey, 2014; Folt &

Lapinski, 2017; Pérez-Galvis et al., 2024), although it also includes snakes in its diet (Nyffeler & Gibbons, 2021; Solórzano, 2022).

The lyresnake (*Trimorphodon quadruplex*, Colubridae) is a species of crepuscular and nocturnal habits that inhabits from southeastern Guatemala to the dry forest of northwestern Costa Rica in Central America, from sea level to 1,000 m a.s.l. (Solórzano, 2022).

At 8:42 h on April 27, 2023, we found in Río Calera de Cuajiniquil, Guanacaste province, on the northwestern Pacific coast (10.89591° N, 85.64191° W), on the edge of the Protected Wilderness Area of Guanacaste Conservation Area, an adult wandering spider (*Ancylometes bogotensis*) preying upon and starting to eat a juvenile lyresnake (*Trimorphodon quadruplex*) ca. 35 cm long (Fig. 1), in a sector surrounded by rocks on the bank of this river with seasonal flow. At the time of the encounter, the snake was dying allegedly from the effect of the spider's venom. The predator held the snake at the height of the posterior third of the body and was already beginning to eat it. This is the first report of predation of *T. quadruplex* by this species of spider in the Central American region.

Acknowledgments.— We thank William W. Lamar for his comments on this manuscript and Carlos Viquez for identifying the spider

LITERATURE CITED

- Dehling, D.M. 2007. Natural History Notes. *Smilisca sordida* (Drab Tree Frog). Predation. *Herpetological Review* 38:444.
- 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
- Höfer, H. & A.D. Brescovit. 2000. A revision of the Neotropical spider genus *Ancylometes* Bertkau (Araneae: Pisauridae). *Insect Systematics & Evolution* 31:323-360.
- Nordberg, E.J., L. Edwards & L. Schwarzkopf. 2018. Terrestrial invertebrates: An underestimated predator guild for small vertebrate groups. *Food Webs* 15:e00080.

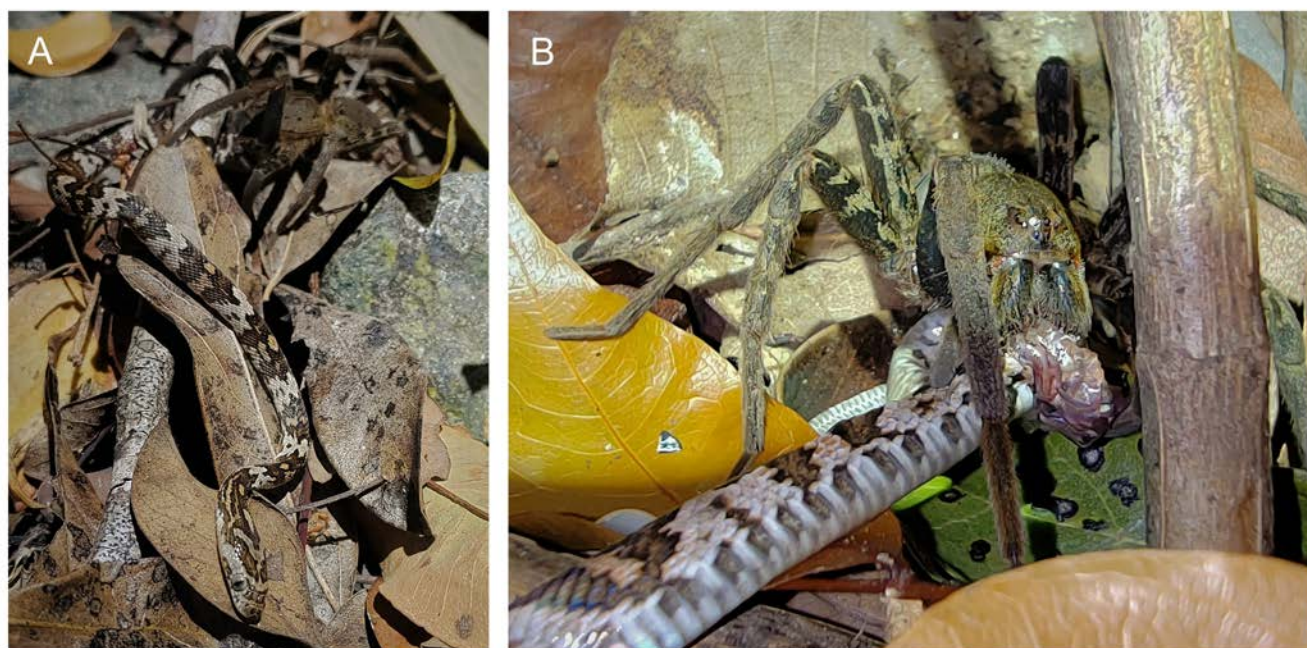


Figura 1. A) Araña Errante (*Ancylometes bogotensis*) inmovilizando a un juvenil de serpiente Lira Centroamericana (*Trimorphodon quadruplex*) con su veneno, B) Araña Errante empezando a comer a la serpiente Lira Centroamericana, en Cuajiniquil, provincia de Guanacaste. Fotos: Roberto Fernández Ugalde.

Figure 1. A) Wandering Spider (*Ancylometes bogotensis*) immobilizing a juvenile of Central American Lyresnake (*Trimorphodon quadruplex*) with its venom. B) Wandering Spider starting to eat the Central American Lyresnake, in Cuajiniquil, Guanacaste province. Photos: Roberto Fernández Ugalde.

- Núñez Escalante, R. & 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. & J.B. Pusey. 2014. Fish predation by semi-aquatic spiders: a global pattern. *PloS ONE* 9:e99459.
- Nyffeler, M. & J.W. Gibbons. 2021. Spiders (Arachnida: Araneae) feeding on snakes (Reptilia: Squamata). *The Journal of Arachnology* 49:1-27.
- Pérez-Galvis, J.P., L.C. Martínez-Vargas & J.C. Gutiérrez-Toro. 2024. Predation Attempt by a Wandering Spider, *Ancylometes bogotensis* (Araneae: Ctenidae), on a Western Basilisk, *Basiliscus galeritus* (Squamata: Corytophanidae). *Reptiles & Amphibians* 31:1-3.
- Solórzano, A. 2022. Serpientes de Costa Rica. Distribución, Taxonomía e Historia Natural. Litografía e Imprenta LIL S.A., Tibás, San José, Costa Rica.
- Valdez, J. 2020. Arthropods as Vertebrate Predators: A Review of Global Patterns. *Global Ecology and Biogeography* 2020:1-13.
- World Spider Catalog. 2024. World Spider Catalog. Version 25.5. Natural History Museum Bern, <https://wsc.nmbe.ch/> [Consultado en Abril 2024].



REPRODUCTION IN THE VIVIPAROUS MEXICAN ENDEMIC LIZARD *ABRONIA GADOVII* (SQUAMATA: ANGUIDAE)

REPRODUCCIÓN DE LA LAGARTIJA VIVÍPARA Y ENDÉMICA DE MÉXICO *ABRONIA GADOVII* (SQUAMATA: ANGUIDAE)

Adán Bautista-del Moral^{1,2*}, Diego Miguel Arenas-Moreno³ & Fausto Roberto Méndez-de la Cruz²

¹Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Coyoacán, Ciudad de México, México.

²Laboratorio de Herpetología, Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Coyoacán, Ciudad de México, México.

³Laboratorio Integral de Fauna Silvestre, Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero, 39086, Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México.

*Correspondence: BautistadelMoralA@gmail.com

Received: 2024-06-10. Accepted: 2024-11-27. Published: 2025-04-07.

Editor: Pierre Charruau, México.

Resumen.— Las características reproductoras son factores determinantes en los procesos evolutivos de los reptiles; sin embargo, en muchas especies permanecen escasamente documentadas. En este trabajo evaluamos aspectos de la biología reproductora y determinamos la influencia del tamaño y el peso corporal sobre el esfuerzo reproductor de la lagartija *Abronia gadovii*, una especie de ánguido, de reproducción vivípara y hábitos terrestres, endémica de la Sierra Madre del Sur, México. Las hembras de *A. gadovii* ($N = 8$) dieron a luz a mediados de abril, con tamaños de camada que oscilaron entre 2 y 8 neonatos por individuo. El índice de masa relativa de la camada fue de 0.29, similar al reportado para algunos ánguidos de la subfamilia Gerrhonotinae (e.g., *Elgaria coerulea* = 0.28) pero inferior al de otras especies (e.g., *Gerrhonotus infernalis* = 0.44). No encontramos correlación entre el tamaño o el peso de las hembras grávidas y las características de sus camadas, en contraste con lo reportado en otras familias de lagartijas. Se requieren estudios adicionales, así como análisis comparativos más rigurosos, para identificar patrones generales de esfuerzo reproductor dentro de los ánguidos, cuya biología reproductora sigue siendo poco investigada.

Palabras clave.— Guerrero, lagartija caimán de Gadow, reproducción, Sierra Madre del Sur, tamaño de camada.

Abstract.— Reproductive characteristics are determining factors in the evolutionary processes of reptiles; however, they remain poorly documented in many species. In this study, we evaluated aspects of reproductive biology and determined the influence of body size and weight on the reproductive effort of the lizard *Abronia gadovii*, an anguid species that is viviparous and terrestrial, endemic to the Sierra Madre del Sur, Mexico. Females of *A. gadovii* ($N = 8$) gave birth in mid-April, with litter sizes ranging from 2 to 8 neonates per individual. The relative litter mass index was 0.29, similar to that reported for some anguids of the subfamily Gerrhonotinae (e.g., *Elgaria coerulea* = 0.28) but lower than that of other species (e.g., *Gerrhonotus infernalis* = 0.44). We found no correlation between the size or weight of gravid females and the characteristics of their litters, in contrast to previous studies in other lizard families. Additional studies, as well as more rigorous comparative analyses, are needed to identify broader patterns of reproductive effort within anguids, whose reproductive biology remains poorly studied.

Keywords.— Guerrero, Gadow's alligator lizard, litter size, reproduction, Sierra Madre del Sur.

Variation in reproductive mode, clutch/litter size, and embryonic development play key roles in species adaptation (Villamar-Duque et al., 2019; Lopez-Alcaide et al., 2020). Nonetheless, reproductive metrics remain undocumented or poorly documented for many species. In reptiles, reproductive effort has been defined as the total proportion of energy that an animal allocates to reproductive processes (Hirshfield &

Tinkle, 1975). Reproductive effort is often influenced by several factors including body condition and size, foraging mode, and reproductive mode (Vitt & Price, 1982; Cuellar, 1984; Rodríguez-Romero et al., 2005). Additionally, environmental factors such as temperature, photoperiod, and precipitation are often determinants of reptile reproductive activity (Duvall et al., 1982; Abell, 1999; Wapstra & Swain, 2001). To quantify female

reproductive effort, relative clutch/litter mass indices (RCM/RLM) are widely used methods (Tinkle, 1972; Vitt & Congdon, 1978; Cuellar, 1984; Shine, 1992; Rodríguez-Romero et al., 2005).

The lizard family Anguidae shows notable variation in reproductive mode, with both oviparous and viviparous species. The most species-rich genus of viviparous anguids is *Abronia*, with 42 recognized species (Gutiérrez-Rodríguez et al., 2021; Clause et al., 2024). These species generally inhabit high elevations and are threatened by habitat loss and illegal trade (Campbell & Frost, 1993; Ariano-Sánchez & Melendez, 2009; Auliya et al., 2016; Gutiérrez-Rodríguez et al., 2021; Moreno-Lara et al., 2022). To date, reproductive studies of *Abronia* have focused on describing the reproductive cycle or documenting litter size without assessing reproductive effort (Campbell & Frost, 1993; Wicknick, 1993; Schmidt-Ballardo & Mendoza-Quijano, 1999; Greene et al., 2006; Solano-Zavaleta et al., 2007; Ramírez-Pinilla et al., 2009; Goldberg, 2011; González-Porter et al., 2015; Schmidt-Ballardo et al., 2015; Clause et al., 2016; Villamar-Duque et al., 2019). In this study, we evaluated the reproductive effort of

Abronia gadovii, a viviparous species that is distributed in high-elevation forests of the Sierra Madre del Sur in the Mexican states of Guerrero and Oaxaca (Fig. 1).

From 20–24 March 2023, between 9:41 and 18:23 hours, we collected eight pregnant females of *A. gadovii* in pine-oak forest at Carrizal de Bravo, municipality of Leonardo Bravo, Guerrero, Mexico (17.619888° N, 99.839081° W) (Fig. 1). This locality spans an elevational range of 2,181–2,670 m a.s.l. and has a humid temperate climate, with an average annual temperature of 15.8 °C (range: 6.3–24.5 °C) and an average annual precipitation of 1,431 mm (climatic data obtained through WorldClim version 2, with 2.5 min resolution; Fick & Hijmans, 2017).

We transported collected females to the Laboratorio Integral de Vida Silvestre de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Guerrero. Upon arrival at the laboratory, we placed the females in individual plastic boxes measuring 30 x 16 x 20 cm, with a layer of soil approximately 2 cm thick and dry pine and oak leaves as substrate. Additionally,



Figura 1. Apariencia y hábitat de *Abronia gadovii* de Carrizal de Bravo, Guerrero, México: hembra preñada in situ (A); neonato nacido en laboratorio (B); y hábitat ocupado en la temporada seca, fotografía fechada el 23 de Marzo del 2023 (C). Fotos: Adán Bautista del Moral (A y C) y Diego M. Arenas Moreno (B).

Figure 1. Appearance and habitat of *Abronia gadovii* from Carrizal de Bravo, Guerrero, Mexico: pregnant female in situ (A); laboratory-born neonate (B); and occupied habitat in the dry season, photograph dated 23 March 2023 (C). Photos: Adán Bautista del Moral (A and C) and Diego M. Arenas Moreno (B).

we added shelters such as pieces of bark and stones (Muñoz-Nolasco et al., 2023; Vargas-Ramírez et al., 2023). We maintained these enclosures under a natural photoperiod with ambient temperatures of 25–30 °C (Bautista-del Moral, 2019). We provided each captive female with water, mealworm larvae (*Tenebrio molitor*), and domestic crickets (*Acheta domesticus*) ad libitum (Muñoz-Nolasco et al., 2023), and we checked the females at least twice a day until they gave birth. After collecting reproductive data, we released the females along with their offspring at their exact sites of original capture.

To evaluate reproductive effort, we recorded the following morphometric variables: total weight, defined as the female prepartum weight (TW); difference weight (DW), defined as the total weight minus litter weight; absolute weight (AW), defined as the female postpartum weight; litter size (LS); litter weight (LW); and the weight of each neonate (NW) (Rodríguez-Romero et al., 2005; Villamar-Duque et al., 2019; Muñoz-Nolasco et al., 2023). We measured all weights using a digital scale (± 0.01 g), and measured the snout-vent length (SVL) of adult females and neonates using digital calipers (± 0.01 mm). To define the

reproductive effort of each female we calculated relative litter mass (RLM) following the method of Rodríguez-Romero et al. (2005): $RLM = LW/AW$. Finally, we performed linear correlations to evaluate the relationship between clutch characteristics (LS, LW, and RLM) with SVL and the weight of females before and after birth (TW and AW, respectively) (Rodríguez-Romero et al., 2005). We performed these analyses using PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis version 3.20 (Hammer et al., 2001).

Pregnant females had an average SVL of 81.9 ± 2.21 mm (mean $\pm$ standard deviation) and an average TW of 13.0 ± 1.25 g. Their average DW was 3.58 ± 0.99 g, meaning that postpartum females lost an average of 26.9% of their TW. Births occurred from 10–24 April. Most females took 2 days to give birth to all their offspring, but one female took 6 days. Newborns ($N = 43$) had an average SVL of 29.8 ± 1.21 mm and an average weight of 0.48 ± 0.05 g. The average litter size was 5.3 ± 1.8 (range = 2–8), while the RLM was 0.29 ± 0.11 (range = 0.08–0.46). Table 1 summarizes these and other traits of the pregnant females, their litters, and the neonates. The linear correlation analyses examining litter

Tabla 1. Rasgos de las hembras preñadas, sus crías y tamaño de camada de *Abronia gadovii*. SVL = Longitud hocico-cloaca; TW = Peso total; AW = Peso absoluto; DW = Peso de diferencia; LS = Tamaño de la camada; LW = Peso de la camada; RLM = Masa relativa de la camada; NW = Peso de los neonatos. Se presenta la media, desviación estándar ($\pm$), el valor mínimo y máximo (min – max) y el número de muestra (N).

Table 1. Traits of pregnant females, their offspring, and litter size for *Abronia gadovii* from Carrizal de Bravo, Guerrero, Mexico. SVL = Snout-vent length; TW = Total weight; AW = Absolute weight; DW = Difference weight; LS = Litter size; LW = Litter weight; RLM = Relative litter mass; NW = Neonatal weight. The mean, standard deviation ($\pm$), the minimum and maximum value (min – max) and the sample number (N) are presented.

Traits	Females
SVL (mm)	81.9 ± 2.21 (77.2 – 84.3) (8)
TW (g)	13.03 ± 1.25 (10.49 – 14.17) (8)
AW (g)	9.46 ± 1.52 (7.36 – 12.00) (8)
DW (g)	3.58 ± 1.00 (1.48 – 4.45) (8)
Lost weight (%)	26.9 ± 5.78 (14.11 – 31.40) (8)
Traits	Litter
LS	5.38 ± 1.85 (2 – 8) (8)
LW (g)	2.67 ± 0.94 (0.95 – 3.88) (8)
RLM (g)	0.29 ± 0.11 (0.08 – 0.44) (8)
Traits	Neonates
SVL (mm)	29.8 ± 1.20 (27.3 – 31.6) (43)
NW (g)	0.48 ± 0.04 (0.38 – 0.60) (43)

Tabla 2. Resultados de los análisis de correlación entre las características de la camada (LS = tamaño de camada; LW = Peso de la camada; RLM = Masa relativa de la camada) y talla y peso de las hembras preñadas de *Abronia gadovii* de Carrizal de Bravo, Guerrero, México (SVL = Longitud hocico-cloaca; TW = Peso total; AW = Peso absoluto).

Table 2. Results of the correlation analysis between litter characteristics (LS = Litter size; LW= Litter weight; RLM = Relative litter mass) and size and weight of pregnant females of *Abronia gadovii* from Carrizal de Bravo, Guerrero, Mexico (SVL = Snout-vent length; TW = Total weight; AW = Absolute weight).

Traits	SVL	TW	AW
LS	$r = 0.34$, $P = 0.39$	$r = 0.11$, $P = 0.79$	$r = -0.32$, $P = 0.43$
LW	$r = 0.44$, $P = 0.26$	$r = 0.08$, $P = 0.83$	$r = -0.31$, $P = 0.44$
RLM	$r = 0.40$, $P = 0.32$	$r = -0.24$, $P = 0.55$	$r = -0.61$, $P = 0.10$

characteristics (LS, LW, and RLM) and characteristics of the pregnant females (SVL, TW, and AW) recovered no significant relationships between any of the variables (Table 2).

The early spring births of our *A. gadovii* neonates coincide with prior data on this species (Ramírez-Pinilla et al., 2009), and with other *Abronia* species (Campbell & Frost, 1993; Solano-Zavaleta et al., 2007; González-Porter et al., 2015; Schmidt-Ballardo et al., 2015; Clause et al., 2016; Villamar-Duque et al., 2019), suggesting that this genus may have a conserved reproductive cycle with summer ovulation, winter gestation, and spring births. This reproductive cycle is common in viviparous lizards inhabiting high-elevation temperate regions (Guillette & Casas-Andreu, 1980; Guillette & Casas-Andreu 1987; Méndez-de la Cruz et al., 1988; Ramírez-Bautista et al., 2008; Ramírez-Bautista & Pavón 2009). The size of our *A. gadovii* neonates (SVL = 27.3–31.6 mm) is also consistent with those reported for the species by Ramírez-Pinilla et al. (2009) (SVL = 28.65–32 mm). Neonate size in *A. gadovii* is similar to those reported for the terrestrial anguids *A. monticola* (average SVL = 25.9 mm; Wicknick, 1993) and *Barisia imbricata* (SVL = 29.1 mm; Guillette & Casas-Andreu, 1987), but is smaller than those of arboreal congeners *A. deppii* (average SVL = 34.2 mm; Schmidt-Ballardo et al., 2015), *A. graminea* (SVL = 34.3 mm; Clause et al., 2016), *A. mixteca* (SVL = 35.5 mm; Schmidt-Ballardo & Mendoza-Quijano, 1999), and *A. taeniata* (SVL = 31.4 mm; Solano-Zavaleta et al., 2007).

The average RLM index value that we obtained for female *A. gadovii* (0.29) indicates moderate reproductive effort (Rodríguez-Romero et al., 2005). Although similar to the viviparous gerrhonitine anguid *Elgaria coerulea* (RLM = 0.28; Vitt & Price, 1982) this was an unexpected result because anguid lizards generally have a high RLM index (Vitt and Price, 1982). For example, females of the oviparous *Gerrhonotus infernalis* invest more than 60% of their body weight in reproduction (RCM = 0.44; Vargas-Ramírez et al., 2023). These results suggest that in anguid lizards, clutch size has decreased with the evolution

of viviparity, as suggested by Guillette (1981) and Meiri et al. (2012). Because viviparity is considered an adaptation to cold environments, reduced offspring production is thus correlated with environmental conditions (Guillette 1981; Meiri et al., 2012). However, further study of anguid lizard reproductive patterns is needed to support the hypothesis that climate drives viviparity and hence reduced offspring production. Other contributing factors could include various types of ecological and habitat-related trade-offs between oviparity and viviparity (López-Alcaide et al., 2020). For example, having a large litter increases a female's body weight and volume, thereby reducing her speed and agility and increasing the risk of predation (Shine, 1980; Vitt & Price, 1982). Having large litters can also limit access to small or narrow refuges, which are vital for escaping predators (Shine, 1980).

LS and RLM in reptiles are considered dependent on factors such as SVL, TW, female body morphology, foraging mode, and reproductive mode (Vitt & Congdon, 1978; Vitt & Price, 1982; Shine, 1992). However, in our study we found no statistically significant correlation between female and litter traits for *A. gadovii*. Because older female lizards tend to reduce their reproductive effort regardless of their size (Shine & Schwarzkopf, 1992; Massot et al., 2011), if our sample included females of mixed ages no clear relationship would be expected between female and litter traits. However, determining the precise age of female anguid lizards is challenging. Additionally, the absence of a correlation among these traits may have been due to our comparatively small sample size of just eight females, which could have limited our statistical power to detect correlations.

More studies are needed to examine in greater detail the characteristics and reproductive cycles of different anguid species (Campbell & Frost, 1993; Schmidt-Ballardo et al., 2015). Currently, there is insufficient available information to allow rigorous, quantitative comparative analysis of reproductive effort among the species of this family.

Acknowledgements.— 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). Likewise, we thank the authorities of the community of Carrizal de Bravo, for allowing us to work in their community and the Jardín Etnobiológico de la Universidad Autónoma de Guerrero. We thank to Ricardo Palacios, Alexis Nava, Elizabeth Beltrán, Mariana Alvarado, Yostin Carreón and Miguel Roldán to support in the field and laboratory work. 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/00962/22 and SGPA/DGVS/06917/23 granted to Fausto R. Méndez de la Cruz by the Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

LITERATURE CITED

- Abell, A.J. 1999. Variation in clutch size and offspring size relative to environmental conditions in the lizard *Sceloporus virgatus*. *Journal of Herpetology* 33:173-180.
- Ariano-Sánchez, D. & L. Melendez. 2009. Arboreal alligator lizards in the genus *Abronia*: emeralds from the cloud forests of Guatemala. *Reptiles & Amphibians* 16:24-27.
- Auliya, M., S. Altherr, D. Ariano-Sanchez, E.H. Baard, C. Brown, R.M. Brown & T. Ziegler. 2016. Trade in live reptiles, its impact on wild populations, and the role of the European market. *Biological Conservation* 204:103-119.
- Bautista del Moral, A. 2019. Termorregulación en *Mesaspis gadovii* (Squamata: Anguidae) en Carrizal de Bravo, Guerrero. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, Guerrero, México.
- Campbell, J.A. & D.R. Frost. 1993. Anguid lizards of the genus *Abronia*: revisionary notes, descriptions of four new species, a phylogenetic analysis, and key. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 216:1-121.
- Clause, A.G., I. Solano-Zavaleta & L.F. Vázquez-Vega. 2016. Captive reproduction and neonate variation in *Abronia graminea* (Squamata: Anguidae). *Herpetological Review* 47:231-234.
- Clause, A.G., R. Luna-Reyes, O.M. Mendoza-Velázquez, A. Nieto-Montes de Oca & I. Solano-Zavaleta. 2024. Bridging the gap: A new species of arboreal *Abronia* (Squamata: Anguidae) from the Northern Highlands of Chiapas, Mexico. *PLoS ONE* 19:e0295230.
- Cuellar, O. 1984. Reproduction in a parthenogenetic lizard: With a discussion of optimal clutch size and a critique of clutch weight/body weight ratio *American Midland Naturalist* 111:242-258.
- Duvall, D., L.J. Guillelte Jr. & R.E. Jones. 1982. Environmental control of reptilian reproductive cycles. Vol 13. *An Biology of the Reptilia*. Academic Press, New York, New York, USA.
- 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.
- González-Porter, G.P., F.R. Méndez-De la Cruz, R.C. Vogt & J. Campbell. 2015. Reproducción del escorpión verde *Abronia graminea* (Squamata: Anguidae) Cope 1864. *Revista Digital Del Departamento El Hombre Y Su Ambiente* 1:1-10.
- Goldberg, S.R. 2011. *Mesaspis gadovii* (Gadow's Alligator Lizard). *Reproduction*. *Herpetological Review* 42:606.
- Greene, H.W., J.J. Sigala-Rodríguez & B.J. Powell. 2006. Parental behavior in anguid lizards. *South American Journal of Herpetology* 1:9-19.
- Guillette Jr, L.J. & G. Casas-Andreu. 1980. Fall reproductive activity in the high altitude Mexican lizard, *Sceloporus grammicus microlepidotus*. *Journal of Herpetology* 14:143-147.
- Guillette Jr, L.J. 1981. On the occurrence of oviparous and viviparous forms of the Mexican lizard *Sceloporus aeneus*. *Herpetologica* 37:11-15.
- Guillette Jr, L.J. & G. Casas-Andreu. 1987. The reproductive biology of the high elevation Mexican lizard *Barisia imbricata*. *Herpetologica* 43:29-38.
- Gutiérrez-Rodríguez, J., A. Zaldívar-Riverón, I. Solano-Zavaleta, J.A. Campbell, R.N. Meza-Lázaro, O. Flores-Villela & A. Nieto-Montes de Oca. 2021. Phylogenomics of the Mesoamerican alligator-lizard genera *Abronia* and *Mesaspis* (Anguidae: Gerrhonotinae) reveals multiple independent clades of arboreal and terrestrial species. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 154:106963.
- Hammer, Ø., D.A.T. Harper & P.D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4:9.



- Hirshfield, M.F. & D.W. Tinkle. 1975. Natural selection and the evolution of reproductive effort. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 72:2227-2231.
- López-Alcaide S.L., Y. Cuateta-Bonilla & R. Macip-Ríos. 2020. Reproductive output in spiny lizards (genus *Sceloporus*) with different reproductive mode. A comparative approach. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 91:e913020.
- Massot, M., J. Clobert, L. Montes-Poloni, C. Haussy, J. Cubo & S. Meylan. 2011. An integrative study of ageing in a wild population of common lizards. *Functional Ecology* 25:848-858.
- Meiri, S., J.H. Brown & R.M. Sibly. 2012. The ecology of lizard reproductive output. *Global Ecology and Biogeography* 21:592-602.
- Méndez-de la Cruz, F.R., J.L. Guillelte, M. Villagrán-Santa Cruz & G. Casas-Andreu. 1988. Reproductive and fat body cycle of the viviparous lizard *Sceloporus mucronatus* (Sauria: Iguanidae). *Journal of Herpetology* 22:1-12.
- Moreno-Lara, I., R. Cruz-Elizalde, I. Suazo-Ortuño & A. Ramírez-Bautista. 2022. El tráfico de lagartijas emblemáticas del género *Abronia* (Squamata: Anguidae). *Revista Latinoamericana de Herpetología* 5:44-53.
- Muñoz-Nolasco, F.J., D.M. Arenas-Moreno, D. Cruz-Sáenz & F.R. Méndez-de la Cruz. 2023. Reproductive effort in two viviparous species of blue-tailed skinks (Squamata: Scincidae: Plestiodon) from Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 94:e943999.
- Ramírez-Bautista, A., O. Ramos-Flores, B.P. Stephenson & G.R. Smith. 2008. Reproduction and sexual dimorphism in two populations of *Sceloporus minor* of the Guadalcázar region, San Luis Potosí, México. *Herpetological Journal* 18:121-127.
- Ramírez-Bautista, A. & N.P. Pavón. 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-Pinilla, M.P., M.L. Calderón-Espinosa, O. Flores-Villela, A. Muñoz-Alonso & F.R. Méndez-de la Cruz. 2009. Reproductive activity of three sympatric viviparous lizards at Omiltemi, Guerrero, Sierra Madre del Sur, Mexico. *Journal of Herpetology* 43:409-420.
- Schmidt-Ballardo, W. & F. Mendoza-Quijano. 1999. *Abronia mixteca* (NCN): Reproduction. *Herpetological Review* 30:96.
- Schmidt-Ballardo, W., I. Solano-Zavaleta & A.G. Clause. 2015. Nature notes. *Abronia deppii*. Reproduction. *Mesoamerican Herpetology* 2:192-194.
- Shine, R. 1980. "Costs" of reproduction in reptiles. *Oecologia* 46:92-100.
- Shine, R. 1992. Relative clutch mass and body shape in lizards and snakes: is reproductive investment constrained or optimized? *Evolution* 46:828-833.
- Shine, R. & L. Schwarzkopf. 1992. The evolution of reproductive effort in lizards and snakes. *Evolution* 46:62-75.
- Solano-Zavaleta, I., A.A. Mendoza-Hernández & U.O. García-Vázquez. 2007. Reporte del tamaño de la camada en *Abronia taeniata* (Wiegmann, 1828). *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana* 15:18-19.
- Tinkle, D.W. 1972. The dynamics of a Utah population of *Sceloporus undulatus*. *Herpetologica* 28:351-359.
- Vargas-Ramírez, H.A., D.M. Arenas-Moreno & D. Lazcano-Villarreal. 2023. Esfuerzo reproductor y aspectos del cuidado parental de la lagartija caimán *Gerrhonotus infernalis* (Squamata: Anguidae). *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:e695-230.
- Villamar-Duque, T.E., R. Cruz-Elizalde & A. Ramírez-Bautista. 2019. Reproduction of the Bromeliad Arboreal Alligator Lizard, *Abronia taeniata* (Squamata: Anguidae), in a temperate environment of central Mexico. *Salamandra* 55:221-230.
- Vitt, L.J. & J.D. Congdon. 1978. Body shape, reproductive effort, and relative clutch mass in lizards: Resolution of a paradox. *The American Naturalist* 112:595-608.
- Vitt, L.J. & H.J. Price. 1982. Ecological and evolutionary determinants of relative clutch mass in lizards. *Herpetologica* 38:237-255.
- Wapstra, E. & R. Swain. 2001. Geographic and annual variation in life-history traits in a temperate zone Australian skink. *Journal of Herpetology* 35:194-203.
- Wicknick, J.A. 1993. *Mesaspis monticola* (NCN): Reproduction. *Herpetological Review* 24:33-34.



NUEVO REGISTRO DE *INDOTYPHLOPS BRAMINUS* (TYPHLOPIDAE) EN EL ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO

NEW RECORD OF *INDOTYPHLOPS BRAMINUS* (TYPHLOPIDAE) IN THE STATE OF MEXICO, MEXICO

Lizeth Solano-García^{1*}, Aldo Gómez-Benitez² & Oswaldo Hernández-Gallegos¹

¹Laboratorio de Herpetología, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario #100, Centro, C. P. 50000, Toluca, Estado de México, México.

²Departamento de Ciencias Ambientales, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma, Avenida de las Garzas No. 10, El Panteón, C. P. 52005, Lerma de Villada, Estado de México, México.

*Correspondence: lissgarcia2502@gmail.com

Received: 2024-09-08. Accepted: 2024-11-19. Published: 2025-04-10.

Editor: Nelson Velásquez, Chile.

Indotyphlops braminus (Daudin, 1803), comúnmente conocida como Serpiente Ciega Afroasiática, es una especie de particular interés debido a su amplio intervalo de distribución y su facilidad para adaptarse a diversos hábitats. Originaria del sur de Asia, se ha extendido a otros continentes del mundo (Uetz et al., 2024). La serpiente *I. braminus* es conocida por su reproducción partenogenética, esto significa que las poblaciones están compuestas exclusivamente por hembras que se reproducen sin necesidad de machos (Booth & Schuett, 2015). Este tipo de reproducción le permite expandir su distribución geográfica a

una gran variedad de ambientes fuera de su área de distribución nativa.

En el Estado de México, existen tres registros de *I. braminus*. El primero corresponde al municipio de Tenancingo por De la Torre-Loranca et al. (2000), posteriormente en el municipio de Naucalpan por González-Sánchez et al. (2021) y el tercer registro por Reyes-Velázquez et al. (2024) en el municipio de Ixtapan de la Sal. La presente nota de distribución busca incluir un nuevo registro de *I. braminus* al suroeste del Estado de México.

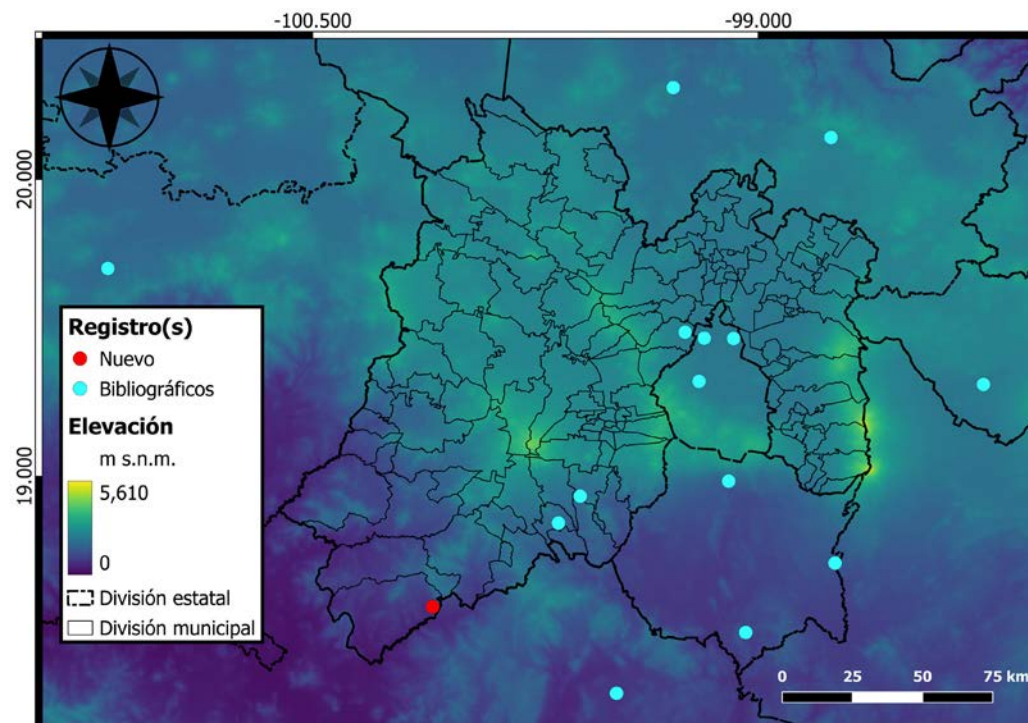


Figure 1. New record of *Indotyphlops braminus* in Tlatlaya and previous records in the State of Mexico (De la Torre-Loranca et al., 2000; González-Sánchez et al., 2021; Reyes-Velázquez et al., 2024).

Figura 1. Nuevo registro de *Indotyphlops braminus* en Tlatlaya y registros previos en el Estado de México (De la Torre-Loranca et al., 2000; González-Sánchez et al., 2021; Reyes-Velázquez et al., 2024).

El 29 de junio de 2024 en El Arenal, Tlatlaya, Estado de México, México (18.562548° N, 100.098662° W WGS84; 831 m s.n.m.; Fig. 1), un ejemplar de *I. braminus* fue registrado por LSG. Este nuevo registro, se encuentra a 54.81 km al suroeste del registro más cercano en Ixtapan de la Sal, Estado de México (Reyes-Velázquez et al., 2024).

La serpiente se encontró desplazándose alrededor de las 21:00 h en el piso de concreto del patio principal de una casa cercada

con malla ciclónica y sin bardas de concreto. Del ejemplar se tomaron fotografías (Figs. 1 y 2) y posteriormente fue liberado. La determinación de la especie fue corroborada por el M. en C. Luis Canseco Márquez quien se basó en el arreglo de la escama ocular del ejemplar, la cual se mostró interrumpida por las escamas labiales.

Agradecimientos.— A Luis Canseco Márquez por su gentileza al verificar la identidad taxonómica de la serpiente.



Figure 2. Specimen of *Indotyphlops braminus* in El Arenal, Tlatlaya, State of Mexico, Mexico. Photo: Lizeth Solano-García

Figura 2. Ejemplar de *Indotyphlops braminus* en El Arenal, Tlatlaya, Estado de México, México. Foto: Lizeth Solano-García

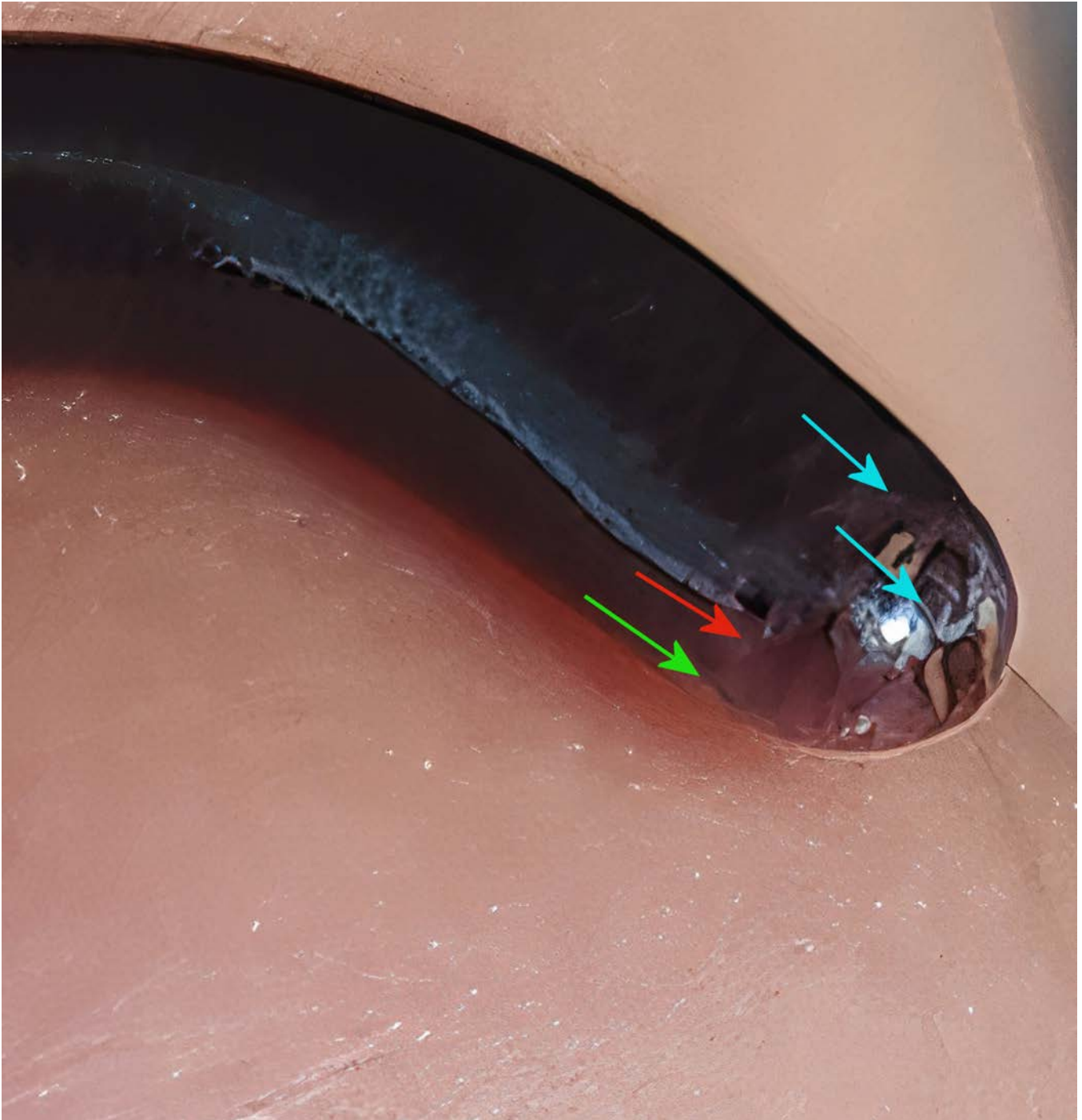


Figure 3. Specimen of *Indotyphlops braminus* in El Arenal, Tlatlaya, State of Mexico, Mexico. The red arrow indicates the position of the ocular scale of the specimen, the green arrow points to the labial scale, and the cyan blue arrows indicate some visible glands. Photo: Lizeth Solano-García.

Figura 3. Ejemplar de *Indotyphlops braminus* en El Arenal, Tlatlaya, Estado de México, México. La flecha color rojo indica la posición de la escama ocular del ejemplar, la flecha color verde señala la escama labial, las flechas azules cian indican algunas glándulas visibles. Foto: Lizeth Solano-García.

LITERATURA CITADA

- Booth, W. & G. Schuett. 2015. The emerging phylogenetic pattern of parthenogenesis in snakes. *Biological Journal of the Linnean Society* 118:172-186.
- Daudin, F.M. 1803. *Histoire Naturelle, Générale et Particulière des Reptiles*. l'Imprimerie de F. Dufart, Paris, Francia.
- De la Torre-Loranca, M.A., M.A. López-Luna & R.C. Vogt. 2000. Geographic distribution. *Ramphotyphlops braminus* (Brahminy blind snake). *Herpetological Review* 31:186.
- González-Sánchez, V.H., J.D. Johnson, D. González-Solís, L.A. Fucsko & L.D. Wilson. 2021. A review of the introduced herpetofauna of Mexico and Central America, with comments on the effects of invasive species and biosecurity methodology. *ZooKeys* 1022:79-154.
- Reyes-Velázquez, E.A., A. Gómez-Benitez & O. Hernández-Gallegos. 2024. *Indotyphlops braminus* (Typhlopidae). *Revista Latinoamericana de Herpetología* 7:49-51.
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar, F. Reyes, J. Kudera & J. Hošek (Eds.). 2024. The Reptile Database, <http://www.reptile-database.org> [Consultado en septiembre 2024].



FIRST RECORD OF *DENDROPSOPHUS COLUMBIANUS* (HYLIDAE) USING BEE HOTELS AS SHELTER IN COLOMBIA

PRIMER REGISTRO DE *DENDROPSOPHUS COLUMBIANUS* (HYLIDAE) UTILIZANDO HOTELES PARA ABEJAS COMO REFUGIO EN COLOMBIA

Diego Álvarez-Arellano^{1*} & Shirley Palacios-Castro¹

¹Laboratorio de Entomología, Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal, Km 4 vía Santa Rosa de Cabal-Chinchiná, Risaralda, Colombia.

*Correspondence: diego.alvarez@unisarc.edu.com

Received: 2024-09-14. Accepted: 2024-12-17. Published: 2025-04-22.

Editor: José Manuel Serrano, México.

Resumen.— *Dendropsophus columbianus* es una especie que es frecuente ver en listados de diversidad con hábitos urbanos. Se instalaron seis hoteles para abejas en un relicto de bosque del campus de la Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal-UNISARC, Colombia. Se reporta el primer encuentro de la rana *D. columbianus* haciendo uso de hoteles para abejas en un remanente de bosque en Risaralda, Colombia. También discutimos sobre la capacidad de esta especie a adaptarse a ambientes intervenidos. Estas observaciones indican que el uso de hoteles para abejas en Colombia podría servir para albergar otras especies, incluso vertebrados pequeños.

Palabras clave.— Nidos artificiales, hylidos, áreas intervenidas, rana arborícola.

Abstract.— *Dendropsophus columbianus* is a species that is frequently seen in diversity lists with urban habits. Six bee hotels were installed in a forest relict on the campus of the Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal-UNISARC, Colombia. We report the first encounter of the frog *D. columbianus* using bee hotels in a forest remanent in Risaralda, Colombia. We also discuss the ability of this species to adapt to intervened environments. These observations indicate that the use of bee hotels in Colombia could be used to house other species, including small vertebrates.

Keywords.— Artificial nests, hylids, intervened area, tree frog.

Artificial shelters have been studied in various biological groups (Pereira-Ribeiro et al., 2017), this is a common method used to keep some pollinator populations (Bortolotti et al., 2016). Bee hotels have been used to study nesting biology, to evaluate potential crop pollinators, to conduct species diversity studies, and provide additional information on nesting sites for the improvement and conservation of bee populations (Steffan-Dewenter, 2003; Sheffield et al., 2008). We here report the first case of an amphibian, *D. colombianus*, using artificial bee nests in a disturbed area in the Central Andes of Colombia.

Amphibians are considered to be the group of vertebrates most susceptible to urbanization, due to their ectothermic physiology, low vagility, dependence on water for reproduction,

among others (Hamer & McDonnell, 2008; Vanegas-Guerrero et al., 2016). *Dendropsophus columbianus* is a species that is frequently seen in urban sites, even in intervened areas, such as pastures, forest relicts, temporary or permanent water reservoirs, periurban areas, etc. (Ramírez-Chaves et al., 2018). This tree frog is endemic to Colombia, and is found between 950-2,350 m a.s.l in the western Cordillera Central and eastern Cordillera Occidental (Agudelo-Valderrama et al., 2014).

There are few studies on bee hotels in the tropics (Wilson et al., 2020; Van Helden et al., 2024), and because ecological dynamics change between different latitudes, our goal was to determine the diversity of insect species that could reach bee hotels with and without bait in a neotropical forest remnant.

For this purpose, six bee hotels were installed 1.5 m above the ground in a relict of forest on the campus of the Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal-UNISARC, Risaralda, Colombia (4.912725° N, 75.624654° W, WGS84 and elevation 1,635 m a.s.l.). The hotels were 2,500 ml polyvinyl chloride (PVC) cylinders; bamboo branches, 3 cm in radius and ten 10 cm long, were inserted into them as cavities; wooden stakes were used as anchors to the ground; the hotels were established individually in separate sites 5 m apart, and three of them were baited with ripe plantain (*Musa paradisiaca*) and the remaining three without

bait. The hotels were established on September 8, 2022, and were monitored for 11 days, this same was done on an eventual basis during the same week between 11:35-14:50 h.

Dendropsophus columbianus was observed occupying two different hotels (Fig. 1). There were seven records in six days and four different individuals were identified, and each was recognized because they had distinguishable coloration patterns and different sizes. On all occasions when this species was observed, the average ambient temperature was 20.1° C.

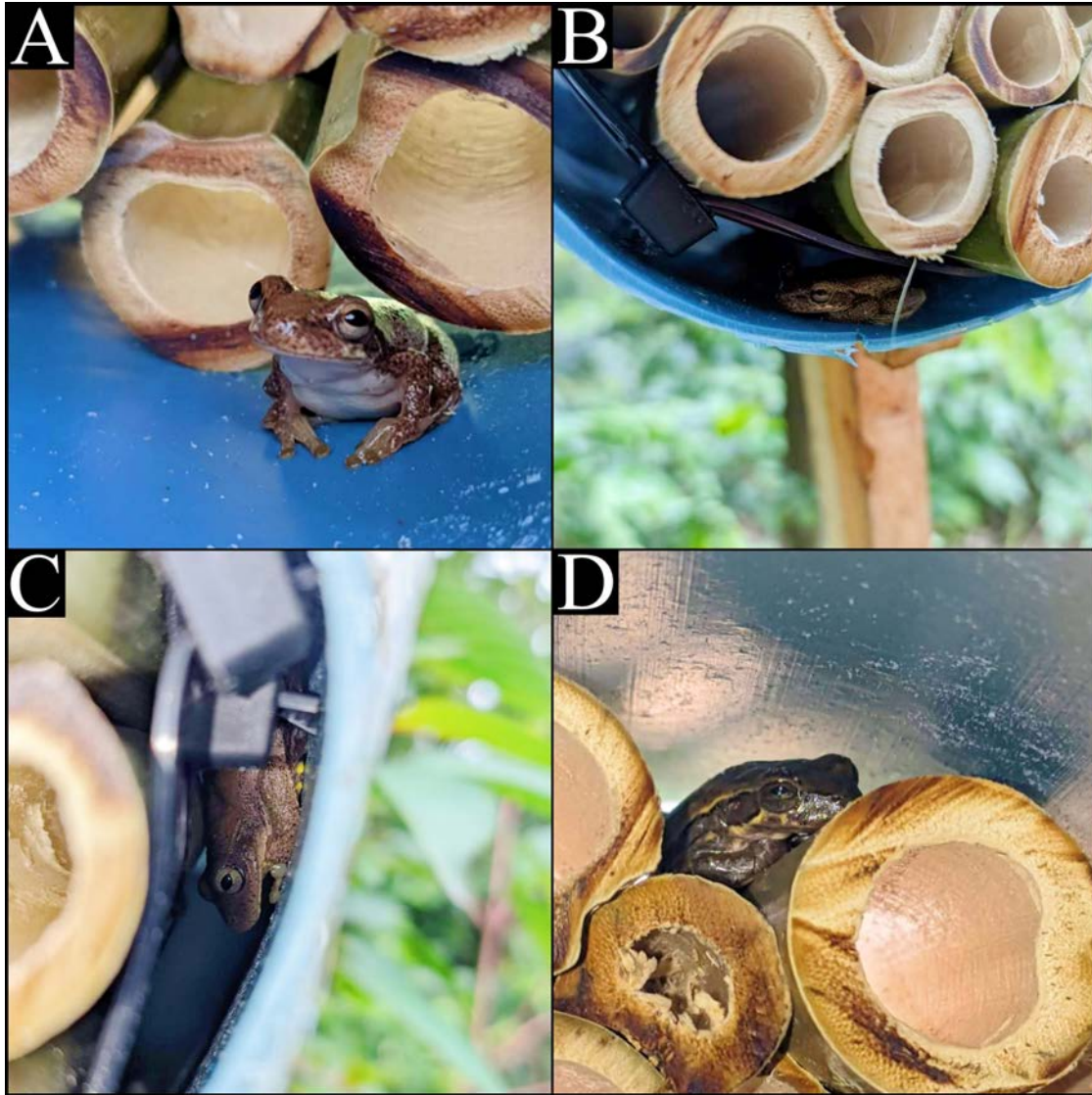


Figure 1. *Dendropsophus columbianus* in bee hotels in the campus UNISARC. (A, B) Record on September 1, 2022; (C) September 8, 2022; (D) and September 13, 2022. Photos: Diego Álvarez-Arellano.

Figura 1. *Dendropsophus columbianus* en hoteles de abejas en el campus UNISARC. (A, B) Registro del 1 de septiembre de 2022; (C) septiembre 8 de 2022; (D) y septiembre 13 de 2022. Fotos: Diego Álvarez-Arellano.

The diet of *Dendropsophus columbianus* includes mainly Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera, Araneae and Lepidoptera (Moreno-Barbosa & Hoyos-Hoyos, 2014). The arthropod diversity found in the bee hotels was 43 % Coleoptera and 36 % Hymenoptera, thus coinciding with the arthropod assemblage between the hotels and the diet of *D. columbianus*. There are records of some species of hylids that can occupy PVC pipes as artificial shelters (Ferreira et al., 2012), which may indicate that the presence of *D. columbianus* in bee hotels may be because it finds a thermally favorable location in addition to taking advantage of the safety of the crevices (Glorioso & Waddle, 2014), and largely because it takes advantage of the diversity of arthropods visited to prey, in addition to which it may give them an advantage by providing them with a refuge. However, to affirm the above, it is necessary to carry out more studies to statistically quantify if the hotels for bees really represent an advantage and if this species can take advantage of it and it can be reflected in their fitness.

This adaptive behavior could be related to the search for microhabitats that offer favorable thermal conditions and protection, where this type of artificial shelters could be potentially useful for tree frogs (Zacharow et al., 2003; Pereira-Ribeiro et al., 2017). Habitat modification can affect amphibians in different ways due to resource availability. It has been observed that several species of *Dendropsophus* can tolerate some degree of habitat modification (Piatti et al., 2012), as they usually breed in temporary ponds, so they can easily adapt in areas with some water availability (Warren-Thomas et al., 2013), in addition to presenting a good response to spatiotemporal changes in trophic resources, giving a great dietary plasticity to this genus (Lopez et al., 2015). The ability of this tree frog to use artificial shelters indicates that, although urbanization negatively affects amphibians, it can also create unexpected opportunities for some species.

These observations indicate that the use of bee hotels in Colombia could serve to shelter other species, including small vertebrates, thus constituting a novel record for a better understanding of urban ecology. In addition, it is important to highlight that this finding warns about the need to evaluate the relevance of using bee hotels for their conservation, since these same artificial structures can host predators, as in this case.

Acknowledgements.— We would like to thank Alejandra Rojas-Rivera and Manuela Londoño-Raigosa for their valuable contributions to the research process.

LITERATURE CITED

- Agudelo-Valderrama, O.L., W. Bolívar-G & C.A. Hernández-Medina. 2014. *Dendropsophus columbianus*. Catálogo de Anfibios y Reptiles de Colombia 2:40-46.
- Bortolotti, L., G. Bogo, N. de Manincor, A. Fisogni & M. Galloni. 2016. Integrated conservation of bee pollinators of a rare plant in a protected area near Bologna, Italy. *Conservation Evidence* 13:51-56.
- Glorioso, B.M. & J.H. Waddle. 2014. A review of pipe and bamboo artificial refugia as sampling tools in anuran studies. *Herpetological Conservation and Biology* 9:609-625.
- Hamer, A.J. & M.J. McDonnell. 2008. Amphibian ecology and conservation in the urbanising world: a review. *Biological conservation* 141:2432-2449.
- Lopez, J.A., P.A. Scarabotti & R. Ghirardi. 2015. Amphibian trophic ecology in increasingly human-altered wetlands. *Herpetological Conservation and Biology* 10:819-832.
- Moreno-Barbosa, S.E. & J.M. Hoyos-Hoyos. 2014. Ontogeny of the diet in anurans (Amphibia) collected at La Vieja river basin in the Departamento of Quindío (Colombia). *Caldasia* 36:365-372.
- Pereira-Ribeiro, J., Á.C. Ferreguetti, H.G. Bergallo & C.F.D. Rocha. 2017. Use of polyvinyl chloride pipes (PVC) as potential artificial shelters for amphibians in a coastal plain forest of southeastern Brazil. *Journal of Coastal Conservation* 21:327-331.
- Piatti, L., P.M.O. de Amaro, J.F. de Jesus Araújo, V.Q.A. Sanches & P.S. Bernarde. 2012. Anurans of a disturbed area in Jarú, Rondonia, Brazil. *Check List* 8:083-087.
- Ramírez-Chaves, H.E., G.A. Pisso-Florez, A.F. Liévano-Bonilla, F. Ayerbe-Quiñones, M.A. Criollo & E.A. Noguera-Urbano. 2018. On the distribution of the endemic Boettger's Colombian Treefrog, *Dendropsophus columbianus* (Anura: Hylidae) with distribution extension in southwestern Colombia. *Herpetology Notes* 11:49-58.
- Sheffield, C.S., P.G. Kevan, S.M. Westby & R.F. Smith. 2008. Diversity of cavity-nesting bees (Hymenoptera: Apoidea) within apple orchards and wild habitats in the Annapolis Valley, Nova Scotia, Canada. *The Canadian Entomologist* 140:235-249.

- Steffan Dewenter, I. 2003. Importance of habitat area and landscape context for species richness of bees and wasps in fragmented orchard meadows. *Conservation Biology* 17:1036-1044.
- Van Helden, B.E., L.M. Skates & P.G. Close. 2024. Use of wildlife-friendly structures in residential gardens by animal wildlife: evidence from citizen scientists in a global biodiversity hotspot. *Urban Ecosystems* 27:1493-1507.
- Vanegas-Guerrero, J., C.A. Fernández, W.E. Buitrago-González & F. Vargas-Salinas. 2016. Urban Remnant Forests: Are they important for herpetofaunal conservation in the Central Andes of Colombia. *Herpetological Review* 47:180-185.
- Warren-Thomas, E., M. Menton, J. Huamán, R.F. Vargas, E. Wadley, N. Price & J.C. Axmacher. 2013. Frog communities in fire-disturbed forests of the Peruvian Amazon. *Herpetological Bulletin* 126:14-24.
- Wilson, R.S., S.D. Leonhardt, C.J. Burwell, C. Fuller, T.J. Smith, B.F. Kaluza & H.M. Wallace. 2020. Landscape simplification modifies trap-nesting bee and wasp communities in the subtropics. *Insects* 11:853.
- Zacharow, M., W.J. Barichivich & C.K. Dodd. 2003. Using ground-placed PVC pipes to monitor hylid treefrogs: capture biases. *Southeastern Naturalist* 2:575-590.



DIMORFISMO SEXUAL EN LA LAGARTIJA VIVÍPARA *SCELOPORUS SERRIFER* (SQUAMATA: PHRYNOSOMATIDAE) EN EL SURESTE DE SU DISTRIBUCIÓN

SEXUAL DIMORPHISM IN THE VIVIPAROUS LIZARD *SCELOPORUS SERRIFER* (SQUAMATA: PHRYNOSOMATIDAE) IN THE SOUTHEAST OF ITS DISTRIBUTION

Mariana Rodríguez-González¹, Aaron García-Rosales^{1*}, Miguel A. Armella-Villalpando^{1†} & Aurelio Ramírez-Bautista²

¹Laboratorio de Ecología Animal, Departamento de Biología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixco No 186, Vicentina, Iztapalapa, 09340, CDMX, México.

²Laboratorio de Ecología del Paisaje y Ordenamiento Ambiental, Centro de Investigación Biológica, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Km 4.5 carretera Pachuca-Tulancingo, 42184, Mineral de La Reforma, Hidalgo, México.

*Correspondence: aarongarcia23@gmail.com

Received: 2024-08-25. Accepted: 2024-12-10. Published: 2024-04-22.

Editor: Itzcóatl Maldonado Reséndiz, México.

Abstract.— In lizards, sexual dimorphism in size can vary in three distinct patterns: a) males larger than females, b) females larger than males, or c) males and females of the same size. In addition, these patterns can also vary among populations of the same species and among years for the same population. In the present study we analyzed some morphological traits of adult males and females of the viviparous lizard *Sceloporus serrifer* over two years (1999 and 2000) in a southern region of Mexico. Males had larger heads (length, height and width), and hind limbs (femur, tibia and length of the fourth toe of the left hind paw) than females. Head width, femur and tibia length, and length of the fourth finger showed significant differences in both years, while the head length and height only exhibited variation in one of the two years analyzed. On the other hand, no significant differences were recorded in snout-vent length, jaw length and width, forearm length, and armpit-groin distance in any of the years analyzed. This study provides new information on the biology of *S. serrifer*, as well as the variation in sexual dimorphism between years.

Keywords.— Body size, inter-sexual variation, length of limbs, morphometric traits.

Resumen.— En lagartijas, el dimorfismo sexual en tamaño puede variar en tres patrones distintos: a) machos más grandes que las hembras, b) hembras más grandes que los machos, o c) machos y hembras de la misma talla. Estos patrones también pueden variar entre poblaciones de la misma especie y entre años para una misma población. En el presente estudio analizamos algunos rasgos morfológicos de machos y hembras adultas de la lagartija vivípara, *Sceloporus serrifer* en un periodo de dos años (1999 y 2000) en la región sureste de México. Los machos tienen la cabeza (largo, alto y ancho), y extremidades posteriores (fémur, tibia y largo del cuarto dedo de la pata posterior izquierda) más grandes que las hembras. El ancho de la cabeza, longitud del fémur, tibia y longitud del cuarto dedo, mostraron diferencias significativas en ambos años, mientras que la longitud y alto de la cabeza solo exhibieron variación en uno de los dos años analizados. Por otra parte, no se registraron diferencias significativas en la longitud hocico-cloaca, largo y ancho de la mandíbula, largo del antebrazo y distancia axila-ingle en ninguno de los años analizados. Este estudio proporciona nueva información sobre la biología de *S. serrifer*, así como de la variación del dimorfismo sexual entre años.

Palabras clave.— Longitud de las extremidades, rasgos morfométricos, tamaño corporal, variación inter-sexual.

INTRODUCCIÓN

El dimorfismo sexual, se define como las variaciones fenotípicas no relacionadas con los órganos sexuales que se presentan entre individuos adultos de diferente sexo de una especie (Lande, 1980). En lagartijas, el dimorfismo sexual es un fenómeno frecuente, el cual se puede observar en diferentes rasgos morfológicos, como el tamaño del cuerpo, la cabeza, la mandíbula, la longitud de las extremidades, coloración, entre otros (Kadry et al., 2017). En México, las lagartijas del género *Sceloporus* son de las más diversas (Flores-Villela & García-Vázquez, 2014), ya que contiene alrededor de 106 especies (Uetz et al., 2023). Los individuos de este género son diversos en forma (robustos, esbeltos o aplanados dorso-ventralmente), tamaño (que va de los 45 a 175 mm de longitud hocico-cloaca [LHC] en individuos adultos), hábitos (arborícolas, terrestres o saxícolas), en su ecología trófica (insectívoros, generalistas, forma de forrajeo), tipo de paridad (ovíparos y vivíparos) y rasgos fisiológicos (forma de termorregular), entre otros (Ramírez-Bautista et al., 2014). Además, varias especies de este género presentan dimorfismo sexual en el tamaño del cuerpo (LHC), patrones de coloración (Fitch, 1981; Hernández-Salinas et al., 2010; García-Rosales et al., 2017), características ecológicas y conductuales (dieta, agresividad y extensión del rango hogareño: Hierlihy et al., 2013; García-Rosales et al., 2021a).

Los sceloporinos pueden presentar tres patrones de variación morfológica intrapoblacional en el tamaño corporal: a) machos más grandes que las hembras, b) hembras más grandes que los machos, o c) machos y hembras de la misma talla (Ramírez-Bautista et al., 2013). En especies como *S. mucronatus* (Rodríguez, 2006), *S. torquatus* (Feria-Ortiz et al., 2001), *S. grammicus* (Hernández-Salinas et al., 2010), *S. siniferus* (Hierlihy, 2013), *S. horridus horridus* (Valencia-Limón et al., 2014), *S. gadoviae* (García, 2014) y *S. spinosus* (Hidalgo, 2016), se ha registrado que los machos son más grandes en talla y/o tienen la mandíbula más grande que las hembras. Estas diferencias morfológicas se asocian con la selección sexual, ya que se ha observado que los machos con tallas y/o mandíbulas más grandes, son más exitosos en los encuentros agonísticos frente a otros machos conspecíficos (Olsson et al., 2002), adquiriendo así un estatus jerárquicamente superior (Carothers, 1984), que les permite conseguir territorios más grandes y/o de mejor calidad (García-Rosales et al., 2021a), así como un mayor número de hembras (Stamps, 1983). Sin embargo, el tamaño de las estructuras mandibulares y/o de la cabeza, también podrían estar asociados con la ingesta de alimento (Lemos-Espinal et al., 2002), ya que individuos con cabeza y/o estructuras mandibulares más grandes, tienen una mayor fuerza de mordida y, por lo tanto, pueden consumir presas más grandes y/o duras (Herrel et al., 1999), reduciendo

la competencia por el alimento (Schoener, 1967; Verwajen et al., 2002; Donihue et al., 2023).

Por otra parte, en *S. virgatus* (Cox & John-Alder, 2005) y *S. bicanthalis* (Crisóstomo-Pérez, 2012), las hembras son más grandes que los machos. Este patrón de dimorfismo sexual en tamaño se explica por la hipótesis de fecundidad, ya que las crías que tienen las hembras más grandes aumentan proporcionalmente con el aumento del tamaño del cuerpo (Manjarrez et al., 2014; Michael et al., 2014; Pincheira-Donoso & Hunt, 2017). Por otro lado, en *S. formosus* (Ramírez-Bautista & Pavón, 2009), *S. taeniocnemis* (Fitch, 1978) y *S. spinosus* (Ramírez-Bautista et al., 2013), no se observa dimorfismo sexual en el tamaño, lo que podría estar relacionado con la disponibilidad y abundancia de los recursos, que las presiones de selección para machos y hembras son similares, y/o que la comunicación intra específica se da a través de otros rasgos fenotípicos, como los patrones de color diferentes entre hembras y machos (Ramírez-Bautista & Pavón, 2009; García-Rosales et al., 2021b).

El dimorfismo sexual se puede ver afectado por diferentes presiones, como la tasa de mortalidad en las diferentes clases de edad de alguno de los sexos, proporción de sexos, el recurso espacio y alimento, entre otros (Berns, 2013). Por lo tanto, el dimorfismo sexual puede variar entre poblaciones de la misma especie, y entre años para una misma población (Ramírez-Bautista et al., 2015, 2016; García-Rosales et al., 2017). Por ejemplo, Ramírez-Bautista et al. (2015), reportaron variación en diferentes rasgos morfológicos entre sexos y entre años en *S. siniferus*; en contraste, *S. aeneus* mostró dimorfismo sexual sesgado hacia los machos; así como variación morfológica entre hembras y entre machos a través de los años, pero no se registró dimorfismo sexual entre años (Ramírez-Bautista et al., 2016). En este sentido, pocos estudios han evaluado la variación morfológica entre años para una misma población; por lo que, no se ha detectado un patrón de variación constante entre años.

Sceloporus serrifer (lagartija escamosa del Ocelote) es una especie vivípara que se distribuye desde el noroeste de México hasta Guatemala y Belice, se encuentra desde los 0 hasta los 1,800 m s.n.m. (Ramírez-Bautista et al., 2014). Es una especie de talla mediana, con una LHC máxima de 90 mm (Martínez-Méndez et al., 2011), y con una longitud de cola (LC) de aproximadamente 1.6 veces la LHC (Dixon & Lemos-Espinal, 2010). Diferentes estudios han evaluado algunos aspectos de su biología (Martínez-Méndez et al., 2011, 2012, 2015; Badillo-Saldaña et al., 2016); sin embargo, se conoce muy poco sobre su historia natural, por ejemplo, la

variación en los rasgos morfológicos a nivel intra poblacional, así como su posible variación interanual. Información que es necesaria para aumentar el conocimiento sobre la biología de esta especie, así como para incrementar el conocimiento sobre la teoría del dimorfismo sexual. Por esto, el objetivo general de este trabajo fue analizar algunos rasgos morfométricos de machos y hembras adultas de *S. serrifer* de la región sureste de México, colectados a lo largo de dos años (1999 y 2000). El dimorfismo sexual es un fenómeno que se ha reportado en varias especies del género *Sceloporus*; además, se ha registrado que diferentes especies de este género son territoriales y poligínicas (Stamps, 1983; Feria-Ortiz et al., 2001). Por lo tanto, esperamos que los machos de *S. serrifer* sean más grandes que las hembras y que exista variación entre años en alguno de los rasgos morfométricos medidos entre machos y hembras.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

Los individuos analizados para este estudio provienen del municipio de Mérida, el cual se encuentra localizado en el estado de Yucatán (21° 58' 48" N, 89° 37' 58" W). El tipo de vegetación que predomina es la selva baja (Rzedowski, 2006). La temperatura promedio anual es de 26.76 °C, con una precipitación total anual de 1,039 mm y una altitud de 9 m s.n.m. (INEGI, 2018).

Obtención de datos

Para este estudio se midieron un total de 85 organismos adultos con una LHC mínima de 77 mm para los machos y 76 mm para las hembras (talla mínima a la madurez sexual; Rivera-Morales, 2001). Los organismos se obtuvieron del material depositado en la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles (CNAR) y de la Colección de Herpetología del Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera" de la Facultad de Ciencias, ambas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). La identificación de los organismos a nivel de especie fue realizada por la primera autora (MRG) y el autor de correspondencia (AGR) con base en las características morfológicas de los organismos, y la determinación del sexo se hizo con base en el par de escamas post-cloacales agrandadas presentes sólo en los machos. Además, se obtuvieron los datos del lugar y fecha de colecta de cada organismo.

Medidas morfométricas

Para el análisis morfométrico, a cada organismo se le tomaron las siguientes medidas: longitud hocico-cloaca (LHC; distancia desde la punta de la escama rostral hasta la cloaca), longitud de

la cabeza (LCA; distancia desde la punta anterior de la escama rostral hasta el margen posterior del oído izquierdo), ancho de la cabeza (AC; ancho máximo de la cabeza, medido como la distancia entre el margen posterior de los oídos externos izquierdo y derecho), altura de la cabeza (ALC; distancia máxima entre los lados dorsal y ventral de la cabeza), longitud de la mandíbula (LM; distancia desde la punta de la escama rostral hasta el punto de máxima anchura del lado izquierdo de la mandíbula), ancho de la mandíbula (AM; la distancia máxima entre los lados izquierdo y derecho de la mandíbula), longitud del fémur (LF; distancia desde el ángulo de la ingle hasta la rodilla), longitud de la tibia (LT; distancia desde la rodilla hasta la almohadilla del pie), longitud del antebrazo (LAN; distancia desde el codo hasta la almohadilla del pie), distancia axila-ingle (DAI; distancia desde la axila de la extremidad anterior hasta la ingle de la extremidad posterior) y longitud del cuarto dedo de la pata posterior izquierda (L4D; distancia desde la base del dedo hasta antes de llegar a la garra). Todas estas medidas fueron tomadas con ayuda de un vernier digital marca Yugener® con precisión de 0.02 mm.

Análisis estadístico

Para quitar el efecto de la LHC sobre las demás variables morfométricas, se realizaron regresiones lineales simples y así obtener los residuales de las otras 10 variables. Posteriormente, para evaluar la posible variación morfológica entre sexos y años, se realizaron pruebas de ANOVA para aquellas variables que cumplieron con los supuestos de normalidad (alto de la cabeza y largo de la tibia) o pruebas Kruskal-Wallis para el resto de las variables las cuales no cumplieron con los supuestos de normalidad (Zar, 1999). Si alguna de las pruebas resultó significativa ($P < 0.05$), se realizó una prueba pos-hoc (Tukey-Kramer para los ANOVAs o Mann-Whitney para los Kruskal-Wallis). Para los ANOVAs o Kruskal-Wallis se utilizaron los datos en bruto de la LHC y los residuales de las otras variables morfométricas. Todos los análisis se realizaron en el programa libre Past versión 4.10. Para la estadística descriptiva se muestra la media $\pm$ la desviación estándar.

RESULTADOS

La LHC promedio de los machos del año 1999 (91.06 ± 7.30 mm) y del 2000 (92.01 ± 7.62 mm) fue ligeramente superior al de las hembras en sus respectivos años (88.19 ± 7.23 mm y 88.89 ± 6.09 mm); sin embargo, no se registraron diferencias significativas en la LHC entre sexos en ninguno de los años ($H = 3.23$, $P = 0.35$; Tabla 1). De igual manera, no se registraron diferencias significativas en el largo y ancho de la mandíbula, largo del

Table 1. Descriptive statistics of the morphometric traits of males and females of *Sceloporus serrifer* collected in the municipality of Mérida, Yucatán. The sample size is in parentheses next to each sex. For morphometric measurements, the mean $\pm$ standard deviation is reported, and the ranges are indicated in parentheses. In addition, the value of ANOVA test (F) or Kruskal-Wallis (H) as the case may be and the P value are shown. * = F

Tabla 1. Estadística descriptiva de los rasgos morfométricos de machos y hembras de *Sceloporus serrifer* colectados en el municipio de Mérida, Yucatán. El tamaño de muestra se encuentra entre paréntesis al lado de cada sexo. Para las medidas morfométricas, se reporta la media $\pm$ desviación estándar, y entre paréntesis se indican los rangos. Además, se muestra el valor de la prueba de ANOVA (F) o Kruskal-Wallis (H) según fue el caso y el valor de P . * = F

	1999		2000		F/H	P
	Machos (22)	Hembras (30)	Machos (15)	Hembras (18)		
Longitud hocico-cloaca	91.06 $\pm$ 7.30 (79.42-102.76)	88.19 $\pm$ 7.23 (76.26-100.04)	92.01 $\pm$ 7.62 (82.55-103.36)	88.89 $\pm$ 6.09 (77.49-98.85)	3.23	0.35
Largo cabeza	20.87 $\pm$ 1.51 (18.13-24.33)	19.84 $\pm$ 1.52 (17.16-23.25)	21.19 $\pm$ 1.52 (19.00-24.48)	19.96 $\pm$ 1.32 (17.23-22.30)	7.99	0.04
Ancho cabeza	20.29 $\pm$ 1.77 (17.18-24.56)	18.44 $\pm$ 1.86 (14.44-21.84)	20.19 $\pm$ 1.52 (17.66-22.29)	18.76 $\pm$ 1.42 (16.41-20.83)	17.07	0.0006
Alto cabeza	12.75 $\pm$ 1.54 (10.41-16.94)	11.18 $\pm$ 1.26 (8.76-14.40)	12.55 $\pm$ 1.21 (10.26-14.99)	11.35 $\pm$ 0.83 (9.94-12.88)	7.44*	0.0001
Largo mandíbula	13.68 $\pm$ 0.90 (11.96-15.46)	13.19 $\pm$ 1.70 (9.96-17.71)	14.50 $\pm$ 1.84 (11.93-17.17)	13.36 $\pm$ 1.22 (11.70-16.45)	3.6	0.30
Ancho mandíbula	16.92 $\pm$ 1.45 (14.29-19.78)	15.80 $\pm$ 1.40 (12.40-18.34)	16.90 $\pm$ 2.08 (13.52-19.43)	15.73 $\pm$ 1.25 (14.07-19.04)	8.71	0.06
Fémur	16.16 $\pm$ 2.03 (12.15-20.52)	14.76 $\pm$ 1.44 (12.37-19.13)	16.49 $\pm$ 2.26 (12.95-19.80)	14.15 $\pm$ 1.28 (11.33-16.53)	17.96	0.0004
Tibia	15.37 $\pm$ 1.93 (12.02-19.63)	13.30 $\pm$ 1.19 (10.37-15.43)	15.11 $\pm$ 2.17 (12.54-19.43)	13.32 $\pm$ 1.33 (11.39-15.67)	9.34*	0.00002
Antebrazo	13.54 $\pm$ 1.72 (11.25-18.89)	12.52 $\pm$ 1.35 (9.32-14.93)	14.32 $\pm$ 2.51 (10.04-19.43)	12.79 $\pm$ 1.27 (10.04-15.15)	6.30	0.09
Distancia axila-ingle	40.60 $\pm$ 4.53 (33.14-47.77)	39.60 $\pm$ 4.19 (30.71-48.55)	41.01 $\pm$ 4.16 (34.62-48.55)	40.74 $\pm$ 4.28 (31.83-46.57)	3.38	0.33
Largo del 4to dedo	14.49 $\pm$ 1.05 (12.18-16.50)	13.66 $\pm$ 1.20 (11.22-15.77)	14.83 $\pm$ 0.70 (13.64-15.83)	13.86 $\pm$ 1.12 (10.68-16.25)	11.97	0.007

antebrazo y la distancia axila-ingle en ninguno de los años analizados (Tabla 1).

Por otra parte, se registraron diferencias significativas entre sexos en la LCa ($H = 7.99$, $P = 0.04$). Los machos colectados en el año 2000 (21.19 ± 1.64 mm), mostraron una mayor longitud de la cabeza en comparación con las hembras de ese mismo año (19.96 ± 1.32 mm; $P = 0.03$; Tabla 1), pero no hubo diferencias significativas entre los individuos colectados en 1999 ($P = 0.07$; Tabla 1). Así también, se registraron diferencias significativas en el AC ($H = 17.07$, $P < 0.001$). En este sentido, los machos del año 1999 y 2000 mostraron un mayor AC (20.29 ± 1.77 mm y

20.19 ± 1.52 mm respectivamente) en comparación con las hembras (18.44 ± 1.86 mm; $P = 0.004$ y 18.76 ± 1.42 mm; $P = 0.001$ respectivamente; Tabla 1). De la misma forma, se observaron diferencias en el ALC ($F = 7.44$, $P < 0.001$). Los machos de 1999 (12.75 ± 1.54 mm) mostraron una mayor altura de este rasgo, con respecto a las hembras de ese mismo año (11.18 ± 1.26 mm; $P < 0.001$), pero no se registraron diferencias entre machos (12.56 ± 1.21 mm) y hembras (11.35 ± 0.83 mm; $P = 0.11$) en el año 2000 (Tabla 1).

Por otra parte, se registraron diferencias en el LF ($H = 17.96$, $P < 0.001$), LT ($F = 9.34$, $P < 0.001$) y L4D ($H = 11.97$, $P = 0.007$). En

ambos años, los machos mostraron un mayor tamaño en cada uno de los rasgos antes mencionados en comparación con las hembras (Tabla 1).

DISCUSIÓN

En las especies del género *Sceloporus*, los machos pueden ser más grandes que las hembras, las hembras pueden ser más grandes que los machos, o bien ambos sexos pueden ser del mismo tamaño (Ramírez-Bautista et al., 2013). En este sentido, los resultados de este estudio, mostraron que en 1999 y 2000, los machos fueron más grandes en la LHC que las hembras; sin embargo, estas diferencias no fueron significativas. Este mismo patrón lo reportó Rivera-Morales (2001), quien menciona que los machos son ligeramente más grandes en talla (92.30 ± 1.60 mm), en comparación con las hembras (91.20 ± 1.20 mm), pero esto último no fue probado estadísticamente; lo cual, podría llevar a pensar que el dimorfismo sexual puede presentarse en otras características morfológicas tal como el tamaño de la cabeza, mandíbula y/o extremidades, o en los patrones de coloración (Ramírez-Bautista & Pavón, 2009; Ramírez-Bautista et al., 2013).

Por otra parte, nuestros resultados mostraron que los machos tienen estructuras de la cabeza (largo, ancho y alto) y extremidades posteriores más grandes que las hembras. Esta variación en las dimensiones de la cabeza sesgado a los machos, podría estar relacionado con la selección sexual, ya que un mayor tamaño de la cabeza podría tener una mayor inserción de músculos abductores en la mandíbula (Aguilar-Moreno et al., 2010), para tener una mayor fuerza de mordida, lo que ofrece una ventaja durante los encuentros agonísticos (Naretto et al., 2016), o para sujetar de manera más firme a la hembra durante el apareamiento (Pyron & Camp, 2007). Sin embargo, las diferencias intersexuales en el tamaño de la cabeza, también podrían estar relacionados con la dieta, ya que aquellos organismos con mandíbulas más grandes y/o fuertes, podrían consumir presas de mayor tamaño y/o dureza (Hidalgo, 2016), generando divergencia por el recurso alimenticio, para disminuir la competencia intersexual por este recurso (Aguilar-Moreno et al., 2010; Hierlihy et al., 2013).

Por otra parte, también se registró que los machos tienen una mayor longitud de las extremidades traseras en comparación con las hembras. Generalmente el tamaño de las patas traseras se relaciona con la velocidad de carrera (Damme et al., 1998); es decir, las extremidades posteriores más largas favorecen a las lagartijas para tener zancadas más largas, y, por lo tanto, una mayor velocidad en superficies relativamente planas y abiertas, ya sea para intentar escapar de un depredador o durante

el forrajeo para atrapar a su presa (Hidalgo, 2016). En este sentido, en especies donde los machos presentan patrones de coloración más conspicuos que las hembras (como en *S. serrifer*), probablemente son detectados con mayor facilidad por los depredadores, por lo que, esta presión de selección, ha favorecido tener extremidades más largas para una mayor supervivencia (Villamil et al., 2017). Además, se ha reportado que los machos de varias especies del género *Sceloporus*, son territoriales, por lo tanto, una mayor velocidad de carrera podría ser importante para una defensa del territorio más activa (Villamil et al., 2017).

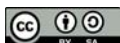
Asimismo, el dimorfismo sexual no fue constante en los dos años analizados, ya que rasgos como LCa y ALc sólo mostraron diferencias en un año. Diferentes autores han mencionado que este tipo de variación podría ser una respuesta a las condiciones ambientales, cómo la temperatura y la humedad, las cuales pueden influir en la disponibilidad y abundancia de recursos, y a su vez, influir en el dimorfismo sexual (Hierlihy et al., 2013; Ramírez-Bautista et al., 2015, 2016). De manera alterna, se sabe que el dimorfismo sexual se relaciona con la selección sexual, la cual, puede variar en intensidad entre poblaciones de la misma especie y entre años en una misma población (Baird et al., 1997), por lo tanto, un cambio en la intensidad de selección sexual, pudo haber ocasionado esa diferencia en el tamaño de la cabeza entre años.

En conclusión, no se encontraron diferencias en la talla (LHC), largo y ancho de la mandíbula, largo del antebrazo y la distancia axila-ingle entre machos y hembras. Por otra parte, se registró que los machos tienen estructuras de la cabeza, longitud del fémur, tibia y longitud del cuarto dedo de la pata posterior izquierda más grande que las hembras, aunque lo anterior no mostró diferencias significativas de manera constante durante los dos años analizados. Los estudios que se enfocan en las variaciones del dimorfismo sexual en tamaño entre años son escasos; por lo que, no se ha detectado un patrón de variación constante, ni se ha determinado la fuerza que podría estar generando esta variación entre años (Ramírez-Bautista et al., 2015, 2016). En este sentido, estudios futuros deberían considerar aumentar el número de poblaciones, años de registro para cada población y tamaño de muestra; además, es necesario registrar datos ecológicos a través de los años (disponibilidad, abundancia y calidad de presas, rasgos conductuales y térmicos, proporción de sexos, tasa de mortalidad, entre otros), así como datos ambientales (temperatura ambiental, precipitación, altitud, entre otros) para generar conclusiones más robustas y con ellos conocer cuál es la fuerza que está generando esta variación en el dimorfismo sexual dentro y entre poblaciones de una especie; así como para establecer patrones de variación entre años para una misma población.

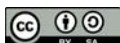
Agradecimientos.— Agradecemos a todos los curadores de las colecciones científicas por las facilidades brindadas durante la revisión de organismos: Oscar Flores-Villela, Adrián Nieto-Montes de Oca y Leticia Ochoa-Ochoa de la Colección Herpetológica del Museo de Zoología Alfonso L. Herrera de la Facultad de Ciencias de la UNAM, y Víctor Hugo Reynoso-Rosales y Omar Hernández-Ordoñez de la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles del Instituto de Biología de la UNAM. Así también, queremos agradecer a dos revisores anónimos por sus comentarios y sugerencias, las cuales mejoraron sustancialmente este manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Moreno, M., F.J. Rodríguez-Romero, A. Aragón-Martínez, J.A. Muñoz-Manzano, G. Granados-González & O. Hernández-Gallegos. 2010. Dimorfismo sexual de *Aspidoscelis costata costata* (Squamata: Teiidae) en el sur del Estado de México. *Revista Chilena de Historia Natural* 83:585-592.
- Badillo-Saldaña, L.M., D. Lara-Tufiño, R. Hernández-Austria & A. Ramírez-Bautista. 2016. Primer registro de *Sceloporus serrifer* Cope 1866 (Squamata: Phrynosomatidae) para Quintana Roo, México. *Cuadernos de Herpetología* 30:35-37.
- Baird, T.A., S.F. Fox & J.K. McCoy. 1997. Population differences in the roles of size and coloration in intra- and intersexual selection in the collared lizard, *Crotaphytus collaris*: influence of habitat and social organization. *Behavioral Ecology* 8:506-517.
- Berns, C.M. 2013. The evolution of sexual dimorphism: understanding mechanisms of sexual shape differences. Pp. 1-16. En H. Moriyama (Ed.), *Sexual Dimorphism*. IntechOpen. London, UK.
- Carothers, J.H. 1984. Sexual selection and sexual dimorphism in some herbivorous lizards. *The American Naturalist* 124:244-254.
- Cox, R.M. & H.B. John-Alder. 2005. Testosterone has opposite effects on male growth in lizards *Sceloporus* spp. with opposite patterns of sexual size dimorphism. *Journal of Experimental Biology* 208:4679-4687.
- Crisóstomo-Pérez, M. 2012. Actividad reproductiva anual de *Sceloporus bicanthalis* (Squamata: Phrynosomatidae) en una comunidad de bosque de pino-encino. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. Iztapalapa, Ciudad de México, México.
- Damme, R.V., P. Aerts & B. Vanhooydonck. 1998. Variation in morphology, gait characteristics and speed of locomotion in two populations of lizards. *Biological Journal of the Linnean Society* 63:409-427.
- Dixon, J.R. & J.A. Lemos-Espinal. 2010. Anfibios y reptiles del Estado de Querétaro, México, 1ra Edición. Texas A & M University, Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Donihue, C.M., A. Herrel, M. Taverne, J. Foufopoulos & P. Pafilis. 2023. The evolution of diet and morphology in insular lizards: Insights from a replicated Island introduction experiment. *Animals* 13:1788.
- Feria-Ortiz, M., A. Nieto-Montes de Oca & I.H. Salgado-Ugarte. 2001. Diet and reproductive biology of the viviparous lizard *Sceloporus torquatus* (Squamata: Phrynosomatidae). *Journal of Herpetology* 35:104-112.
- Fitch, H.S. 1978. Sexual size differences in the genus *Sceloporus*. *The University of Kansas Science Bulletin* 51:441-461.
- Fitch, H.S. 1981. Sexual size differences in reptiles. *The University of Kansas Publications* 70:1-72.
- Flores-Villela, O. & U.O. García-Vázquez. 2014. Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:467-475.
- García, J.L. 2014. Dimorfismo sexual en tamaño y forma corporal en *Sceloporus gadoviae* y *Sceloporus torquatus* (Squamata: Phrynosomatidae). Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. Iztapalapa, Ciudad de México, México.
- García-Rosales, A., A. Ramírez-Bautista, P. Octavio-Aguilar & M.A. Armella-Villalpando. 2021a. Aggressive sexual behaviour and spatial distribution of the polymorphic lizard *Sceloporus minor* (Squamata: Phrynosomatidae) from Central Mexico. *Salamandra - German Journal of Herpetology* 57:151-161.
- García-Rosales, A., A. Ramírez-Bautista, B.P. Stephenson, R.N. Meza-Lázaro & A. Nieto-Montes de Oca. 2017. Comparative morphology and genetics of two populations of spiny lizards (genus *Sceloporus*) from Central Mexico. *Zoologischer Anzeiger (A Journal of Comparative Zoology)* 267:21-30.
- García-Rosales, A., B. P. Stephenson, A. Ramírez-Bautista, J. Manjarrez & N.P. Pavón. 2021b. Female choice and male



- aggression in the polymorphic lizard *Sceloporus minor*. *Ethology* (International Journal of Behavioural Biology) 127:1053-1063.
- Hernández-Salinas, U., A. Ramírez-Bautista, A. Leyte-Manrique & G.R. Smith. 2010. Reproduction and sexual dimorphism in two populations of *Sceloporus grammicus* (Sauria: Phrynosomatidae) from Hidalgo, Mexico. *Herpetologica* 66:12-22.
- Herrel, A., L. Spithoven, R. Van Damme & F. De Vree. 1999. Sexual dimorphism of head size in *Gallotia galloti*: testing the niche divergence hypothesis by functional analyses. *Functional Ecology* 13:289-97.
- Hidalgo-Licona, L.F. 2016. Dimorfismo sexual y nicho trófico en la lagartija ovípara *Sceloporus spinosus* (Squamata: Phrynosomatidae) de San Luis Potosí, México. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Heroica Puebla de Zaragoza, Puebla, México.
- Hierlihy, C.A., R. García-Collazo, C.B. Chaces-Tapia & F.F. Mollory. 2013. Sexual dimorphism in the lizard *Sceloporus siniferus*: support for the intraspecific niche divergence and sexual selection hypotheses. *Salamandra - German Journal of Herpetology* 49:1-6.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2018. Yucatán. <https://www.inegi.org.mx> [Consultado en enero 2024]
- Kadry, M.A.M., H.R.H. Mohamed & M. Hosney. 2017. Ecological and biological studies on five-lined skink, *Trachylepis* (Mabuya) *quinquetaeniata* inhabiting two different habitats in Egypt. *Cellular and Molecular Biology* 63:28-35.
- Lande, R. 1980. Sexual dimorphism, sexual selection and adaptation in polygenic characters. *Evolution* 34:292-305.
- Lemos-Espinal, J., G. Smith & R. Ballinger. 2002. Body temperature and sexual dimorphism of *Sceloporus aeneus* and *Sceloporus palaciosi* from Mexico. *Amphibia-Reptilia* 23:114-119.
- Manjarrez, J., J. Contreras-Garduño & M.K. Janczur. 2014. Sexual size dimorphism, diet and reproduction in the Mexican garter snake, *Thamnophis eques*. *Herpetological Conservation and Biology* 9:163-169.
- Martínez-Méndez, N., O. Mejía & F.R. Méndez de la Cruz. 2015. The past, present and future of a lizard: The phylogeography and extinction risk of *Sceloporus serrifer* (Squamata: Phrynosomatidae) under a global warming scenario. *Zoologischer Anzeiger (A Journal of Comparative Zoology)* 254:86-98.
- Martínez-Méndez, N., O. Mejía & A. Rocha. 2012. Morphological convergence and molecular divergence: the taxonomic status of *Sceloporus serrifer* (Squamata, Phrynosomatidae) subspecies. *Zoologica Scripta - An International Journal of Systematic Zoology* 41:97-108.
- Martínez-Méndez, N., O. Mejía, A. Rocha-Gómez & F. Méndez De La Cruz. 2011. Morphological convergence and molecular divergence: the taxonomic status of *Sceloporus serrifer* (Squamata: Phrynosomatidae) subspecies. *Zoologica Scripta - An International Journal of Systematic Zoology* 41:97-108.
- Michael, D.R., S.C. Banks, M.P. Piggott, R.B. Cunningham, M. Crane, C. MacGregor & D.B. Lindenmayer. 2014. Geographical variation in body size and sexual size dimorphism in an Australian lizard, Boulenger's skink (*Morethia boulengeri*). *PLoS ONE* 9:e109830.
- Naretto, S., C.S. Blengini, G. Cardozo & M. Chiaraviglio. 2016. Pre- and postcopulatory traits of *Salvator* Male Lizards in allopatry and sympatry. *Scientifica* 2016:1-16.
- Olsson, M., R. Shine, E. Wapstra, B. Ujvari & T. Madsen. 2002. Sexual dimorphism in lizard body shape: The role of sexual selection and fecundity selection. *Evolution* 56:1538-1542.
- Pincheira-Donoso, D. & J. Hunt. 2017. Fecundity selection theory: concepts and evidence. *Biological Reviews* 92:341-356.
- Pyron, R.A. & C.D. Camp. 2007. Courtship and mating behaviours of two syntopic species of skink (*Plestiodon anthracinus* and *Plestiodon fasciatus*). *Amphibia-Reptilia* 28:263-268.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, R. Cruz-Elizalde, C. Berriozábal-Islas, D. Lara-Tufiño, I. Goyenechea Mayer-Goyenechea & J.M. Castillo-Cerón. 2014. Los Anfibios y Reptiles de Hidalgo, México: Diversidad, Biogeografía y Conservación. *Sociedad Herpetológica Mexicana*, México.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, R. Cruz-Elizalde, A. Lozano & F. de J. Rodríguez-Romero. 2016. Sexual dimorphism and reproductive traits over time in *Sceloporus aeneus* (Squamata: Phrynosomatidae), based on a population in the Transmexican Volcanic Belt, México. *Salamandra - German Journal of Herpetology* 52:197-203.
- Ramírez-Bautista, A., R. Luría-Manzano, R. Cruz-Elizalde, N. Pavón & L.D. Wilson. 2015. Variation in reproducción and sexual dimorphism in the long-tailed spiny lizard, *Sceloporus siniferus*, from the southern Pacific coast of Mexico. *Salamandra - German Journal of Herpetology* 51:73-82.



- Ramírez-Bautista, A. & N. Pavón. 2009. Dimorfismo sexual y ciclo reproductivo en la lagartija espinosa arbórea *Sceloporus formosus* Wiegmann (Squamata: Phrynosomatidae) del centro de Oaxaca, México. *Revista Chilena de Historia Natural* 82:553-563.
- Ramírez-Bautista, A., G.R. Smith, A. Leyte-Manrique & U. Hernández-Salinas. 2013. No sexual size-dimorphism in the Eastern spiny lizard, *Sceloporus spinosus*, from Guadalcázar, San Luis Potosí, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 58:510-512.
- Rivera-Morales, J.F. 2001. Estrategia reproductora de la lagartija tropical *Sceloporus serrifer* en el estado de Yucatán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla de Baz, Estado de México, México.
- Rodríguez, R.E. 2006. Hábitos alimenticios de la lagartija *Sceloporus mucronatus mucronatus* en un bosque mixto (*Pinus montezumae*-*Pinus hartwegii*) de la Sierra del Ajusco, Estado de México. Tesis de Maestría. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla de Baz, Estado de México, México.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México, 1ra Edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Schoener, T.W. 1967. The ecological significance of sexual dimorphism in size in the lizard *Anolis conspersus*. *Science* 155:474-477.
- Stamps, J.A. 1983. Sexual selection, sexual dimorphism and territoriality. Pp. 169-204. En R.B. Huey, E.R. Pianka & T.W. Schoener (Eds.), *Lizard Ecology: Studies of a Model Organism*. Harvard University Press, New York, USA.
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar, F. Reyes, J. Kudera & J. Hošek (Eds.). 2023. The Reptile Database. <http://www.reptile-database.org>. [Consultado en febrero 2023]
- Valencia-Limón, E.R., R. Castro-Franco & M. Bustos-Zagal. 2014. Dimorfismo sexual y ciclo reproductivo de *Sceloporus horridus horridus* (Wiegmann 1939) (Sauria: Phrynosomatidae). *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 30:91-105.
- Verwajen, D., R. Van Damme & A. Herrel. 2002. Relationships between head size, bite force, prey handling efficiency and diet in two sympatric lacertid lizards. *Functional Ecology* 16:842-850.
- Villamil, J., A. Camargo & R. Maneyro. 2017. Morphological variation and sexual dimorphism in *Liolaemus wiegmannii* (Duméril & Bibron, 1837) (Squamata: Liolaemidae) from Uruguay. *Acta Herpetologica* 12:3-17.
- Zar, J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. 4ta Edición. Prentice-Hall, New Jersey. USA.



DEATH OF AN ADULT *CROTALUS CERASTES* (VIPERIDAE) DUE TO INGESTION OF *DIPSOSAURUS DORSALIS* (IGUANIDAE)

MUERTE DE UN ADULTO DE *CROTALUS CERASTES* (VIPERIDAE) POR INGESTA DE *DIPSOSAURUS DORSALIS* (IGUANIDAE)

Leonardo Ponce-Rosales^{1,3*}, Gabriel Suárez-Varón^{1,2,3}, Oswaldo Hernández-Gallegos¹, Leonardo Fernández-Badillo^{4,5} & Karime G. Gómez-Moreno⁶

¹Laboratorio de Herpetología, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario #100 Centro, 5000 Toluca, Estado de México, México.

²Laboratorio de Morfofisiología de la Reproducción, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario #100 Centro, 5000 Toluca, Estado de México, México.

³Red de Investigación y Divulgación de Anfibios y Reptiles MX, Guadalupe Victoria #33, Ozumba de Alzate, 56800 Estado de México, México.

⁴Predio Intensivo de Manejo de Vida Silvestre X-Plora Reptilia, km 65 carretera México-Tampico, Pilas y Granadas, Metztitlán, Hidalgo, 43350, México.

⁵Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Km 4.5 carretera Pachuca-Tulancingo, s/n, Mineral de la Reforma, Hidalgo, 42184, México.

⁶Laboratorio de Aracnología y Entomología, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C., La Paz, 23096, Baja California Sur, México.

*Correspondence: lponce.biocienciasb@gmail.com

Received: 2024-10-09. Accepted: 2025-01-21. Published: 2025-04-29.

Editor: Irene Goyenechea Mayer Goyenechea, México.

Resumen.— Registramos la mortalidad de la Cascabel Cornuda del Noroeste (*Crotalus cerastes*) por la ingesta de la Iguana del Desierto (*Dipsosaurus dorsalis*) en Los Algodones, Mexicali, Baja California, México. Encontramos un individuo muerto en un hábitat compuesto por dunas y sin alguna lesión física aparente que le hayan causado la muerte; sin embargo, se observó la ingesta de una presa de gran tamaño, la cual determinamos como *D. dorsalis*. Es necesario continuar documentando estos casos en serpientes, para comprender las fuerzas ecológico-evolutivas en la selección del tamaño de presa.

Palabras clave.— Dieta, ingesta, mortalidad, serpiente.

Abstract.— We report the mortality of a Sidewinder (*Crotalus cerastes*) by ingestion of a Desert Iguana (*Dipsosaurus dorsalis*) in Los Algodones, Mexicali, Baja California, Mexico. We found a dead individual of *C. cerastes* in a habitat composed of dunes, without any apparent physical injury that caused its death; however, we observed a large prey item recently ingested, which we identified as a *D. dorsalis*. The continual documentation of these cases in snakes helps identify ecological-evolutionary forces in prey size selection.

Keywords.— Diet, intake, mortality, snake.

Feeding is one of the fundamental factors for the survival and reproduction of animals. This process provides the energy requirements for development and maintenance; however, the composition of the diet varies depending on the biotic and abiotic factors that determine the acquisition of certain types and sizes of prey (Kornilev et al., 2023). Such variation in prey selection can be attributed to sexual, ontogenetic, morphological

differences, and seasonal aspects of the habitat (Cappellari et al., 2007; Verrastro & Ely, 2015). Particularly in snakes, optimal foraging is related to prey size selection; that has been associated with morphological limitations of the oral apparatus during feeding, specifically the maximum jaw distention (Hampton, 2017), as well as both width and length of the head, or bite force (Vincent et al., 2006).

Optimal foraging implies the selection of prey that maximizes the energy gained relative to the foraging time, characteristics that involve a cost-benefit relationship (Arnold, 1993), in this way, in many snake species, individuals tend to consume larger prey instead of smaller prey (Shine, 1991), not only due to the low energy contribution of smaller prey, but also because they can be more difficult to capture or handle for consumption (Cundall & Greene, 2000). In diverse families of snakes: Acrochordidae, Boidae, Colubridae, Elapidae, Psammophiidae, Pseudoxyrhophiidae, Pythonidae, and Viperidae (see Table 1 in Kornilev et al., 2023), it has been suggested that the size of prey is related with the size of the snake, assuming that as larger the snake (head or oral opening), the larger the prey it can consume (Shine, 1991), with some cases representing up to 150 % of the snake's weight (Greene, 1992). However, some species also regularly consume smaller prey, regardless of the snake's body size (Shine, 1991).

The morphological and physiological adaptive mechanisms that allowed for the diversification of snakes and the exploitation of large prey have also promoted ontogenetic changes in their diet. Thus, these predators can eliminate small prey from their diet and shift for larger prey, or increase food niche that includes the consumption of both small and large prey (Hampton, 2017).

In general, snakes exhibit anatomical and physiological adaptations that allow them to feed on large prey. There are many documented cases of snakes that have attempted to

consume excessively large prey, resulting in fatal consequences for the snake (Gatica & Córdova, 2012; Bucio & Badillo, 2023; Kornilev et al., 2023).

Crotalus cerastes Hallowell 1854, it is a relatively small rattlesnake (50-60 cm snout-vent length [SVL]; Ernst & Ernst 2003; Webber et al., 2016) that inhabits sandy environments, dunes, and plains of the warm deserts of northwestern Mexico and the southern United States (Campbell & Lamar, 2004; Webber et al., 2016).

The species primarily feeds on lizards and small mammals, rarely on snakes and birds (Funk, 1965). It has also been documented that *C. cerastes* undergoes an ontogenetic change (correlated with size) regarding its feeding habits, such that as individuals increase in body size, the size of the prey in their diets also increases (Webber et al., 2016).

On September 6, 2023, at 14:00 h, in the locality of Los Algodones, Mexicali, Baja California, Mexico (32.70974° N, 114.77557° W, datum WGS84, 54 m a.s.l.), we found a dead adult *C. cerastes*, 450 mm in SVL. The organism was exposed in a habitat composed by dunes, alongside a cyclone fence, and was in good condition, showing no apparent physical injuries that could have caused its death; however, it was evident that it had ingested a large prey item. To determine the dietary item, a ventral incision was made on the snake (Fig. 1a), and an adult *Dipsosaurus dorsalis* Baird & Girard, 1852 was found inside, which had been ingested

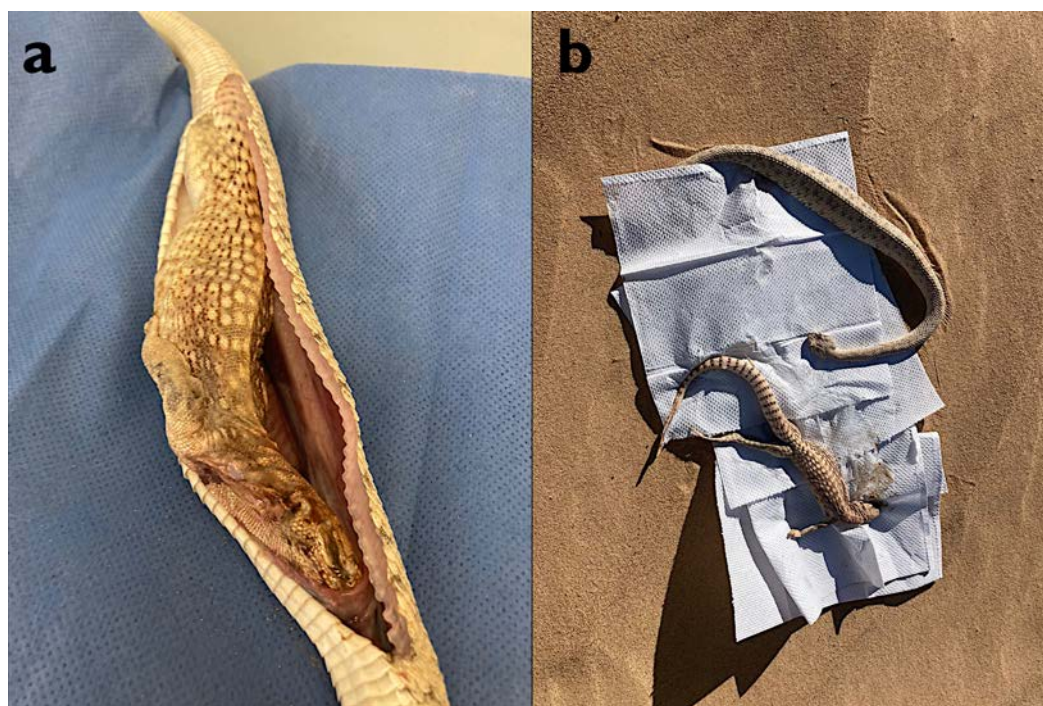


Figura 1. A) Corte ventral en la serpiente *Crotalus cerastes* donde se observa la ingesta de *Dipsosaurus dorsalis*. B) Relación de la proporción de tamaño corporal en ambas especies. Fotos: Rafael Sánchez-Villagrana.

Figure 1. A) Ventral cut in the snake *Crotalus cerastes* ...where an ingested *Dipsosaurus dorsalis* was observed. B) Relationship of body size ratio in both species. Photos: Rafael Sánchez-Villagrana.

from head to tail and measured a total length of 350 mm, representing 77.8 % of the size of *C. cerastes* (Fig. 1b). Since it was a chance encounter, we did not have the necessary materials for preserving the organisms, so they were left at the same location where they were found.

According to the available evidence, it is possible that the snake died due to the large size of the prey, which may have caused breathing difficulties by compressing the lungs or as a result of a failed regurgitation, as has been observed in other snake species (Kornilev et al., 2023). Our observation is not isolated, as Coupe & Dawson (2007) documented a failed feeding attempt and mortality in a female *C. cerastes* for partially consuming a specimen of White-tailed Antelope Squirrel (*Ammospermophilus leucurus*).

As previously described, the complexity of the factors involved during foraging, capturing, and ingesting prey makes it difficult to demonstrate the probable causes of why a snake attempts to feed on prey larger than it can consume. However, it is important to continue documenting these cases to better understand why these animals seemingly err in prey size selection and attempt to capture and ingest prey much larger than they can consume.

Acknowledgments.— To Biól. Rafael Sánchez-Villagrana for the photographs and support during the dissection.

LITERATURE CITED

- Arnold, S.J. 1993. Foraging theory and prey-size-predator-size relations in snakes. Pp. 87-115. In: R.A. Seigel & J.T. Collins (Eds.), *Snakes: Ecology and Behavior*. McGraw-Hill, Inc., New York, USA.
- Bucio-Jiménez, L.E. & L. Fernández-Badillo. 2023. Mortalidad en *Trimorphodon biscutatus* (Colubridae) asociada a la ingesta de una *Ctenosaura pectinata* (Iguanidae) en Michoacán de Ocampo, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:97-100.
- Campbell, J.A. & W.W. Lamar. 2004. *The Venomous Reptiles of the Western Hemisphere*, Vol. II. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- Cappellari, L.H., T. De Lema, Jr.P. Prates & C.F.D. Da Rocha. 2007. Diet of *Teius oculatus* (Sauria, Teiidae) in southern Brazil (Dom Feliciano, Rio Grande do Sul). *Inheringia Série Zoologia* 97:31-35.
- Coupe, B. & J.E. Dawson. 2007. *Crotalus cerastes* (Sidewinder). Attempted feeding and mortality. *Herpetological Review* 38: 339-340.
- Cundall, D. & H.W. Greene. 2000. Feeding in snakes. Pp. 293-333. In: Schwenk, K. (Ed.), *Feeding: Form, Function and Evolution in Tetrapod Vertebrates*. Academic Press, London, UK.
- Ernst, C.H. & E.M. Ernst. 2003. *Snakes of the United States and Canada*. Smithsonian Books, Washington DC, USA.
- Funk, R. 1965. Food of *Crotalus cerastes laterorepens* in Yuma County, Arizona. *Herpetologica* 21:15-17.
- Gatica-Colima, A. & N. Córdova-Reza. 2012. *Salvadora hexalepis deserticola* (Big Bend Patchnosed Snake). Diet. *Herpetological Review* 43:350-351.
- Hampton, P.M. 2017. Ontogenetic prey size selection in snakes: predator size and functional limitations to handling minimum prey sizes. *Zoology (Jena, Germany)* 126:103-109.
- Kornilev, Y.V., N.D. Natchev & H.B. Lillywhite. 2023. Perils of ingesting harmful prey by advanced snakes. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society* 98:263-283.
- Shine, R. 1991. Why do larger snakes eat larger prey items? *Functional Ecology* 5:493-502.
- Verrastro, L. & I. Ely. 2015. Diet of the lizard *Liolaemus occipitalis* in the coastal sand dunes of southern Brazil (Squamata: Liolaemidae). *Brazilian Journal of Biology* 75:289-299.
- Vincent, S.E., B.R. Moon, R. Shine & A. Herrel. 2006. The functional meaning of "prey size" in water snakes (*Nerodia fasciata*, Colubridae). *Oecologia* 147:204-211.
- Webber, M., T. Jezkova & J. Rodriguez-Roblez. 2016. Feeding Ecology of Sidewinder Rattlesnakes, *Crotalus cerastes* (Viperidae). *Herpetologica* 72:324-330.



REPORTE DE ANUROFAGIA EN *AMBYSTOMA VELASCI* (CAUDATA: AMBYSTOMATIDAE) DE QUERÉTARO, MÉXICO

REPORT OF ANUROPHAGY IN *AMBYSTOMA VELASCI* (CAUDATA: AMBYSTOMATIDAE) FROM QUERÉTARO, MEXICO

Claudia Jazmín Martínez-Ramírez¹, Norma Hernández-Camacho¹, Jesús Luna-Cozar¹, & Raciél Cruz-Elizalde^{1*}

¹Laboratorio de Ecología y Diversidad Faunística, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Avenida de las Ciencias S/N, Santa Fe Juriquilla, C. P. 76230, Querétaro, Querétaro, México.

*Correspondence: cruzelizalde@gmail.com

Received: 2024-06-27. Accepted: 2024-11-05. Published: 2025-04-29.

Editor: Sean Rovito, México.

Resumen.— Anurophagy is common among different species of vertebrates. In caudates, most of the diet is composed of aquatic invertebrates, with rare cases of vertebrate prey. The consumption of anurans by *Ambystoma velasci* is reported in two different localities in Querétaro, Mexico. This report of anurophagy in *A. velasci* increases knowledge of the species' diet, and of the anurans as prey.

Keywords.—Anura, diet, *Ambystoma*.

Abstract.— La anurofagia es común de encontrar entre distintas especies de vertebrados, dentro de los que se encuentran los caudados, a pesar de que la mayoría de estos organismos se alimentan de invertebrados, principalmente acuáticos, encontrando muy pocas veces vertebrados. Se reporta el consumo de anuros para *Ambystoma velasci* en dos localidades distintas de Querétaro, México. Este reporte de anurofagia en *A. velasci* incrementa el conocimiento de la dieta de la especie, y los anuros como presas.

Palabras clave.— Anura, dieta, *Ambystoma*.

Ambystoma velasci (Dugès, 1888) es una salamandra perteneciente a la familia Ambystomatidae (Caudata) (Morales-García et al., 2021). Es una de las 16 especies de este género endémicas de México y su distribución geográfica va desde el norte del país (en Zacatecas) hasta el sur (Veracruz), distribuyéndose por Hidalgo, Guanajuato, Aguascalientes, Michoacán, Puebla, Tlaxcala, Estado de México y Querétaro (SEMARNAT, 2018; Percino-Daniel et al., 2019; Contreras Calvario et al., 2021). Habita en pozas, lagos y cuerpos de agua dulce lenticos de temperaturas frías a templadas, en bosques de pino, encino, y pino-encino, aunque también ha sido registrada en zonas de cultivo (Morales-García et al., 2021). Al igual que otras especies del género, se encuentra amenazada por la desecación de los cuerpos de agua en los que habitan, contaminación e introducción de especies exóticas (SEMARNAT, 2018; Velazco-Mendoza et al., 2021), es por este y otros factores como su gran especificidad de hábitat que está catalogada como Pr (sujeta a protección especial) por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2019) mientras que en la lista roja de la IUCN se encuentra categorizada como una especie de Preocupación menor (Lc) (IUCN, 2024).

Pese a su amplia distribución, importancia cultural y relevancia ecológica hay escasa información sobre su dieta (SEMARNAT, 2018; Leyte-Manrique, 2023). En otras especies del género como *A. altamirani* y *A. rivulare* se ha reportado el consumo de ostrácodos, gasterópodos, así como una variedad de ordenes de insectos (Coleoptera, Heteroptera, Lepidoptera, Orthoptera y Tricoptera) (Lemos-Espinal et al., 2015a, b). En *A. leorae* está registrado el consumo de anélidos, tricópteros y dípteros, mientras que para *A. dumerilii* se ha registrado el consumo de acósciles (Vega-López & Álvarez, 1992; Huacuz Elías, 2002). Según Velazco-Mendoza et al. (2021) y el estudio del género *Ambystoma* realizado por SEMARNAT (2018), la dieta de *A. velasci* puede estar compuesta por invertebrados terrestres y acuáticos pequeños.

Se tiene el registro de consumo de vertebrados en especies como *A. mexicanum* y *A. ordinarum*, en donde hay consumo de presas como peces y larvas de anuros (Zambrano et al., 2010; Ruiz-Martínez et al., 2014). El consumo de anuros adultos (anurofagia) en el género ha sido previamente reportado, por ejemplo, en *A. tigrinum* (Waye et al., 2016) se tiene el registro del

consumo de *Lithobates pipiens*. En el caso de *A. velasci* el consumo de vertebrados se limita al reporte de canibalismo y consumo de peces (Leyte-Manrique et al., 2015), sin embargo, el consumo de anuros no había sido registrado. En esta contribución reportamos dos casos de anurofagia en ejemplares de *A. velasci* en distintas localidades del estado de Querétaro.

La primera observación se realizó a partir de una revisión de los organismos preservados de *A. velasci* en la Colección de Anfibios y Reptiles de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro (BUAQ). En el ejemplar CAR-UAQ 194 de la localidad La Alameda del Rincón, Amealco de Bonfil (20.28139° N, 100.21583° W, WGS84, 2,394 m s.n.m.) colectado en 2009 (Fig. 1A), se encontraron restos del

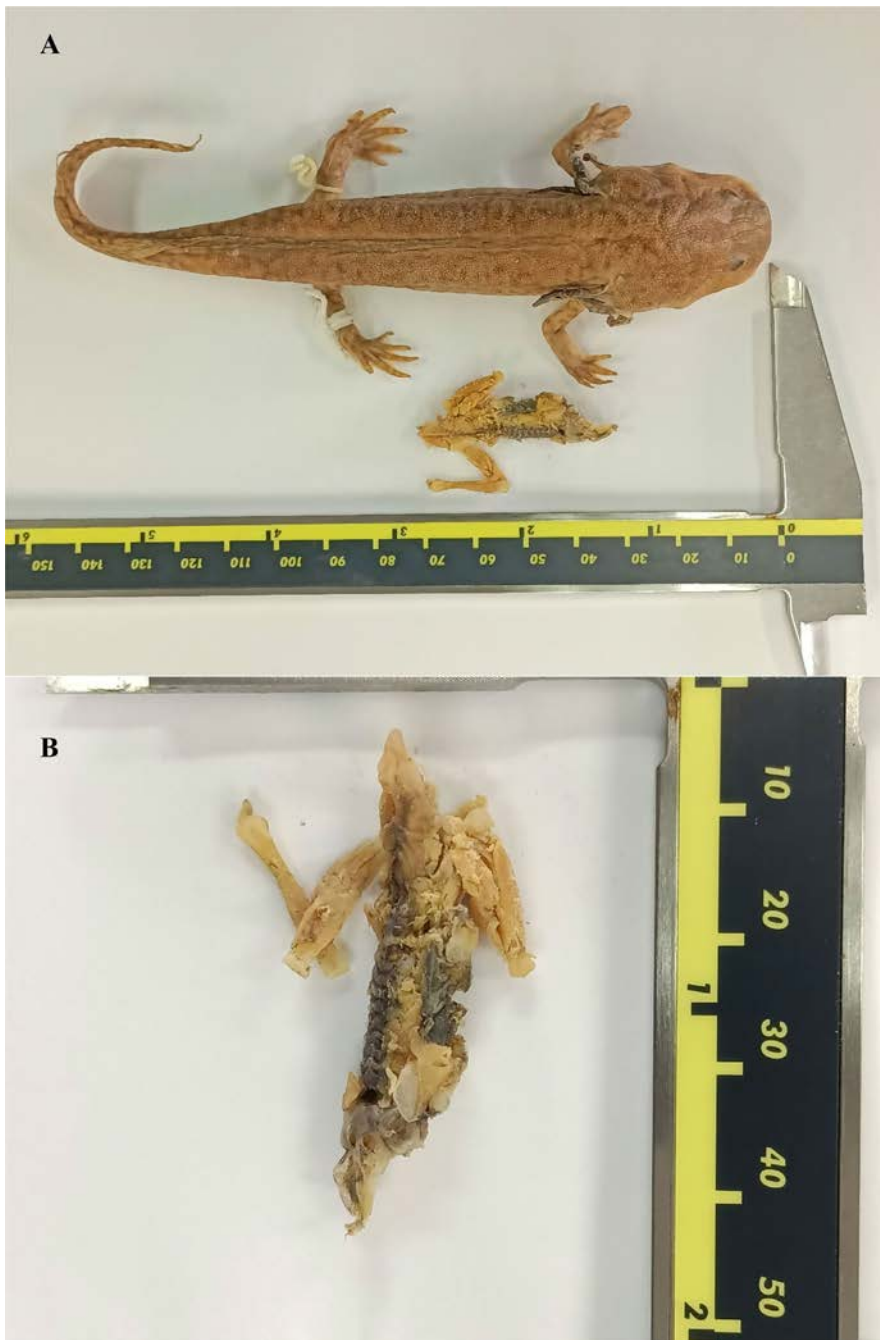


Figure 1. A) Individual of *Ambystoma velasci* from the Faunistic Collection of the Facultad de Ciencias Naturales of the locality La Alameda del Rincón, Amealco de Bonfil, Querétaro, Mexico, with the contents of its digestive tract. B) Anuran captured by the individual of *A. velasci*. Photos: Claudia Jazmin Martínez-Ramírez.

Figure 1. A) Individuo de *Ambystoma velasci* de la Colección Faunística de la Facultad de Ciencias Naturales de la localidad La Alameda del Rincón, Amealco de Bonfil, Querétaro, México, con el contenido revisado de su tracto digestivo. B) Anuro capturado por el organismo de *A. velasci*. Fotos: Claudia Jazmin Martínez-Ramírez.

esqueleto de un anuro durante la revisión de su tracto digestivo. Se identificó como anuro por la presencia de extremidades posteriores alargadas, tipo de cráneo y número de vértebras determinado (nueve vértebras) y urostilo (CAR-UAQ 195; Fig. 1B), características esqueléticas típicas de Anura (Vitt & Caldwell, 2008). La información sobre la herpetofauna de esta localidad es escasa, en algunos trabajos (Nieto Montes de Oca & Pérez Ramos, 1999) así como en iNaturalistMX (2024) se tiene el registro de anuros pertenecientes de la familia Hylidae y Ranidae en zonas cercanas, como es el caso de *Dryophytes arenicolor*, *D. eximius*, *D. plicatus*, *Lithobates neovolcanicus* y *L. montezumae* (Nieto Montes de Oca & Pérez Ramos, 1999; Ramírez-Bautista et al., 2023), por lo tanto se puede inferir que el anuro ingerido se trata de alguna de estas especies.

La segunda observación ocurrió en la localidad de El Cedral en el municipio de Pinal de Amoles, Querétaro, México (21.14097° N, 99.6405° W, WGS84, 2,200 m s.n.m.), donde se llevó a cabo un estudio de ecología alimentaria de *A. velasci* con la técnica de lavado estomacal (Solé et al., 2005). Durante la revisión del contenido estomacal de una de las hembras juveniles de la temporada de lluvias (junio 2023) se encontró el esqueleto de un anuro (CAR-UAQ 196; Fig. 2A). En la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda que es donde se encuentra esta localidad hay registro de 28 anuros (Cruz-Elizalde et al., 2023), el organismo que se encontró cuenta con dimensiones de 19 x13 mm cuando se mide largo y ancho de la presa semidigerida, presentando un estado de conservación adecuado, se identificó el cuerpo, así como las cuatro extremidades y en las anteriores aún se mostraban los dígitos característicos de la familia Hylidae (Figs. 2B y C)

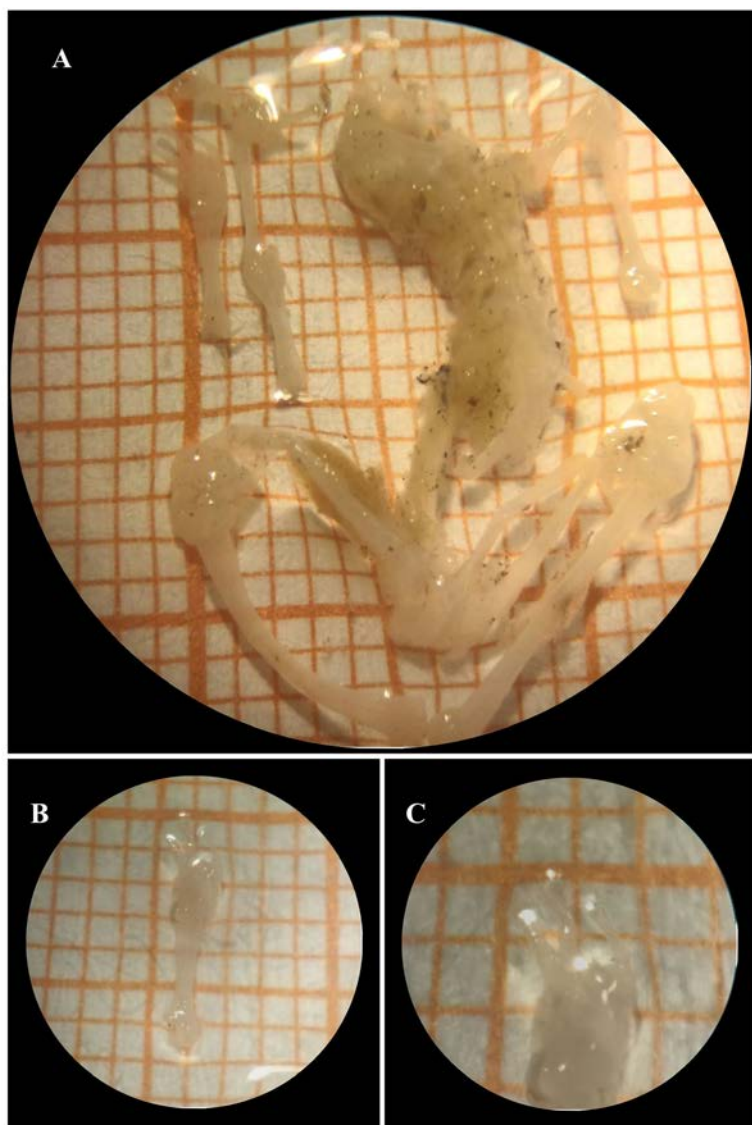


Figure 2 A) Skeleton of the anuran captured by *Ambystoma velasci* in the locality El Cedral Pinal de Amoles, Querétaro, México. B) Bones of the arm. C) Close-up of the anuran fingers. Photos: Claudia Jazmin Martínez-Ramírez.

Figure 2. A) Esqueleto de anuro capturado por *Ambystoma velasci* en la localidad El Cedral, Pinal de Amoles, Querétaro, México. B) Huesos de brazo. C) Acercamiento a dedos del anuro capturado (C). Fotos: Claudia Jazmin Martínez-Ramírez.

(Duellman, 2001). De acuerdo a la anfibiofauna reportada para la región, se infiere que se trata de un individuo de *Rheohyla miotypanum* (familia Hylidae), ya que además esta especie fue observada múltiples veces en esta localidad durante muestreos en la zona en el 2023.

Con base en los organismos encontrados, se confirma que la especie se alimenta ocasionalmente de vertebrados, además, con estas observaciones se describe por primera vez, y en dos registros distintos la anurofagia para *A. velasci*. La ingesta de estas presas a pesar de que puede ser incidental, puede proporcionar una gran cantidad de proteínas y grasas que estimulan el crecimiento y desarrollo corporal (Toledo et al., 2007; McWilliams, 2008). Del mismo modo, debido a la escasa cantidad de registros de anuros en estadios adultos, se infiere que se trata de un consumo ocasional, ya que los reportes previos han sido documentados para renacuajos (Zambrano et al., 2010; Ruiz-Martínez et al., 2014). Del mismo modo, la dieta del género y en particular de la especie se compone principalmente de invertebrados (SEMARNAT, 2018; Martínez-Ramírez, datos no publicados). Estas observaciones incrementan los datos sobre ecología alimentaria de la especie, así como de las interacciones con otras especies con las que cohabitan. En este sentido, es necesario realizar estudios a largo plazo para determinar y caracterizar la composición de la dieta de la especie, ya que es de amplia distribución y puede estar utilizando recursos distintos al de otras poblaciones y especies del género.

Agradecimientos.—Agradecemos a Axel Sandoval Ponce y Martín Córdova Romero por su apoyo en el trabajo de campo. También agradecemos al Cuerpo Académico de Ecología y Diversidad Faunística y a la Colección de Anfibios y Reptiles (CAR-UAQ) de la Universidad Autónoma de Querétaro. Por último, agradecemos al proyecto CONANP PROREST/ETM/40/2022 por el financiamiento parcial de las salidas de campo en Sierra Gorda, y a los proyectos FONFIVE-UAQ 2024, FNB202409 otorgado a RCE. Los permisos de trabajo de campo científico (SEMARNAT SGPA/DGVS/00770/22 y SGPA/DGVS/00769/22) fueron otorgados a RCE.

LITERATURA CITADA

- Contreras Calvario, A., J.L. Castillo Juárez, A. Soto-Pozos, A. Calzada-Arciniega & G. Parra-Olea. 2021. The distribution of *Ambystoma velasci* Dugès, 1888 in Veracruz, Mexico: insights for its conservation in the region. *Herpetology Notes* 14:469-473.
- Cruz-Elizalde, R., N. Hernández-Camacho, R. Pineda López & R.W. Jones. 2023. Amphibians and reptiles of the Sierra Gorda de Querétaro Biosphere Reserve, Mexico: species richness, conservation status and comparison with other natural protected areas in central Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 94:e945135.
- Diario Oficial de la Federación. 2019, Noviembre. 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. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019#gsc.tab=0 [Consultado en diciembre 2024]
- Duellman, W.E. 2001. The Hylid Frogs of Middle America. 2nd Edition., Vol. 18. Society for the Study of Amphibians and Reptiles. Ithaca, Nueva York, USA.
- Huacuz Elias, D. del C. 2002. Programa de conservación y manejo de *Ambystoma dumerilii*. El Achoque del Lago de Pátzcuaro. Morevallado. Morelia, Michoacán, México.
- iNaturalistMX. 2024. iNaturalistMX Amealco de Bonfil, MX, QE Anfibios. <https://mexico.inaturalist.org/places/amealco-de-bonfil#taxon=20978> [Consultado en octubre 2024]
- IUCN. 2024. The IUCN Red List of Threatened Species Version 2023-1. <https://www.iucnredlist.org> [Consultado en mayo 2024]
- Lemos-Espinal, J.A., G.R. Smith & G. Woolrich-Piña. 2015a. Diet of larval *Ambystoma altamirani* from Llano de los Axolotes, Mexico. *Current Herpetology* 34:75-79.
- Lemos-Espinal, J.A., G.R. Smith, G. Woolrich-Piña & R. Montoya-Ayala. 2015b. Diet of larval *Ambystoma rivulare* (Caudata: Ambystomatidae), a threatened salamander from the Volcán Nevado de Toluca, Mexico. *Phyllomedusa* 14:33-41.
- Leyte-Manrique, A. 2023. El ajolote del altiplano en Sierra Gorda-Guanajuato: un acercamiento a su historia natural. *Herpetología Mexicana* 4:47-50.
- Leyte-Manrique, A., J.P. Morales-Castorena & V. Mata-Silva. 2015. Natural history: *Ambystoma velasci*, mortality. *Herpetological Review* 46:407.
- McWilliams, D.A. 2008. Nutrition Recommendations for some Captive Amphibian Species (Anura and Caudata). CAZA-NARG, Canadá.

- Morales-García, A.D., J.J. Morales-García, A. Leyte Manrique & A.M. García-Díaz. 2021. Registros de *Ambystoma velasci* (Caudata: Ambystomatidae) en ambientes antropizados en Pachuca, Hidalgo y alrededores. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 4:173-176.
- Nieto Montes de Oca, A. & E. Pérez Ramos. 1999. Anfibios y reptiles del estado de Querétaro. En Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. H250. Ciudad de México, México.
- Percino-Daniel, R., J.C. Gómez Llamas & J.M. Contreras López. 2019. New record of *Ambystoma velasci* (Dugès, 1888) from Western Mexico. *Herpetology Notes* 12:351-352.
- Ramírez-Bautista, A., L. Torres-Hernández, R. Cruz-Elizalde, C. Berriozabal-Islas, U. Hernández-Salinas, L. Wilson, J. Johnson, L. Porras, C. Balderas-Valdivia, A. González-Hernández & V. Mata-Silva. 2023. An updated list of the Mexican herpetofauna: with a summary of historical and contemporary studies. *Zookeys* 1166:287-306
- Ruiz-Martínez, L., J. Alvarado-Díaz, I. Suazo-Ortuño & R. Pérez-Munguía. 2014. Diet of *Ambystoma ordinarium* (Caudata: Ambystomatidae) in undisturbed and disturbed segments of a mountain stream in the Trans-Mexican Volcanic Belt. *Salamandra* 50:63-70.
- SEMARNAT. 2018. Programa de Acción para la Conservación de las Especies *Ambystoma* spp. SEMARNAT. Ciudad de México, México.
- Solé, M., O. Beckmann, B. Pelz, A. Kwet & W. Engels. 2005. Stomach-flushing for diet analysis in anurans: an improved protocol evaluated in a case study in Araucaria forests, southern Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 40:23-28.
- 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.
- Vega-López, Á.A. & T.S. Álvarez. 1992. La herpetofauna de los volcanes Popocatepetl e Iztaccihuatl. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie) 51:20-27.
- Velazco-Mendoza, L.A., E. Castañeda & J.R. Cruz Aviña. 2021. Integrated proposal for the conservation of the axolotl *Ambystoma velasci* (Dugès 1888) in Chignahuapan, Puebla, Mexico. *Revista Latinoamericana de Metodología de Las Ciencias Sociales* 12:37-45.
- Vitt, L.J. & J.P. Caldwell. 2008. *Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. 3rd Edition. Academic Press, San Diego, California, USA.
- Waye, H.L., Z.M. Smith & N.W. Dalman. 2016. Natural history: *Ambystoma tigrinum* (Eastern Tiger Salamander). *Diet. Herpetological Review* 47:97.
- Zambrano, L., E. Valiente & J. Vander Zanden. 2010. Food web overlap among native axolotl (*Ambystoma mexicanum*) and two exotic fishes: Carp (*Cyprinus carpio*) and tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Xochimilco, Mexico City. *Biological Invasions* 12:3061-3069.



TRÁFICO ILEGAL DE ANFIBIOS COLOMBIANOS ENTRE 2018-2022: TENDENCIAS, ESPECIES AFECTADAS E IMPLICACIONES PARA LA CONSERVACIÓN

ILLEGAL TRAFFICKING OF COLOMBIAN AMPHIBIANS BETWEEN 2018-2022: TRENDS, AFFECTED SPECIES AND IMPLICATIONS FOR CONSERVATION

Marislayne Rojas-Trujillo^{1*}, Catalina Ortiz-Arias¹ & Edison D. Bonilla-Liberato²

¹Programa de Biología Ambiental, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Universidad de Ibagué, Tolima, Colombia.

²Fort Lauderdale Research and Education Center, Institute of Food and Agricultural Science, University of Florida, Davie, Florida, United States of America.

*Correspondence: 4220201007@estudiantesunibague.edu.co

Received: 2024-06-19. Accepted: 2024-12-03. Published: 2024-05-05.

Editor: Jenny Urbina, Colombia.

Abstract.— The illegal trafficking of wildlife is a major threat to amphibian conservation worldwide, with 41 % of amphibian species threatened, and 8.4 % involved in both legal and illegal trade. Colombia, which ranks second globally in amphibian diversity, faces significant information gaps that hinder understanding of which species are most impacted by illegal trade and extraction. To address this, data on voluntary surrenders and seizures from 2018 to 2022 were analyzed based on records from environmental authorities in the country. A total of 843 records were documented (40 voluntary surrenders, 718 seizures, and 85 cases without classification). The order Anura was the most trafficked, comprising 93.95 % of reports, followed by Caudata (5.69 %) and Gymnophiona (0.34 %). The most affected genera were *Oophaga* and *Xenopus*, accounting for 80.07 % of all reported individuals. Internationally (IUCN), 15 of these species are classified as Least Concern, while five are listed in a threat category (1 Near Threatened, 1 Vulnerable, and 3 Critically Endangered). Nationally, two species are Critically Endangered, and CITES Appendix II includes species such as *Oophaga histrionica*, *O. lehmanni*, *O. sylvatica*, *Ambystoma mexicanum*, and *Dendrobates truncatus*. Additionally, non-native species like *Aquarana catesbeiana*, *Xenopus laevis*, and *A. mexicanum* were reported, indicating importation of foreign species. The departments of Cundinamarca and Antioquia reported the highest number of cases. This information is essential to better understand the impact of illegal trafficking on Colombia's wildlife, supporting the development of targeted conservation, protection, and management measures for endangered species.

Keywords.— Anura, CITES, illegal possession, IUCN, wildlife trade.

Resumen.— El tráfico ilegal de especies silvestres es una práctica ilícita que a nivel mundial representa uno de los mayores peligros para la conservación de los anfibios. Puesto que el 41 % de sus especies se encuentran amenazadas, y el 8.4 % de estos anfibios son objeto de comercialización a nivel legal e ilegal. Colombia, ocupa el segundo puesto a nivel mundial por su diversidad de anfibios, sin embargo, presenta grandes vacíos de información que impiden determinar cuáles especies se están viendo afectadas por la extracción y comercialización ilegal. Por ello, se analizó el número de registros de entregas voluntarias e incautaciones entre los años 2018 y 2022 a partir de datos proporcionados por diferentes autoridades ambientales del país. Se reportaron 843 registros de anfibios (40 entregas voluntarias, 718 incautaciones y 85 sin clasificación). El orden Anura fue el grupo más traficado con un 93.95 %, seguido del orden Caudata (5.69 %) y, por último, el orden Gymnophiona (0.34 %). Los géneros más afectados fueron *Oophaga* y *Xenopus* con el 80.07 % de los individuos mencionados por las corporaciones. A nivel internacional (IUCN), 15 especies se encuentran en Preocupación Menor, y cinco se encuentran en alguna categoría de amenaza (Casi Amenazada: 1, Vulnerable: 1, y Peligro Crítico: 3). A nivel nacional, dos especies están en Peligro Crítico, y ante la CITES, las especies de género *Oophaga* (*O. histrionica*, *O. lehmanni* y *O. sylvatica*), *Ambystoma mexicanum* y *Dendrobates truncatus* se ubican en el apéndice II. Se encontró que en el país se importan especies de otros países, dado que se reportaron especies no nativas como *Aquarana catesbeiana*, *Xenopus laevis* y *A. mexicanum*. Los departamentos de Cundinamarca y Antioquia sobresalieron por la alta cantidad de registros. La información obtenida permite

conocer de mejor manera el impacto que está teniendo el tráfico ilegal de especies en el país, conocimiento necesario para plantear y desarrollar medidas de conservación, protección y manejo de especies amenazadas.

Palabras clave.— Anura, CITES, UICN, tenencia ilegal, tráfico de vida silvestre.

INTRODUCCIÓN

El tráfico ilegal de especies es una práctica criminal internacional que deteriora el recurso natural de los ecosistemas (Hughes, 2021; Rush et al., 2021), y genera daños y amenazas que están sujetas al bienestar animal e incluso a la extinción de especies (Phelps et al., 2016; Gore et al., 2021). Este tráfico, presenta distintos tipos de explotación, entre las que se destaca alimentación, decoración, uso medicinal, textil y cultural de la fauna silvestre (Mellor et al., 2009; Izquierdo Páez, 2021; García Ramos & Pazmiño Zapata, 2024). América Latina es una de las regiones más afectadas por este tipo de actividad ilícita, ya que se estima que el 15 % de las incautaciones a nivel mundial se llevan a cabo en países de Latinoamérica (United Nations Office on Drugs and Crime-UNODC, 2016). Esta región presenta uno de los mayores depósitos de diversidad biológica en todo el mundo al poseer zonas tropicales y subtropicales, lo que la convierte en un reservorio de fauna y flora rentable para esta práctica delictiva (García Ramos & Pazmiño Zapata, 2024; Reuter et al., 2018).

Colombia es uno de los países con mayor diversidad biológica en el mundo debido a su localización geográfica y por sus condiciones topográficas y climáticas (Moreno et al., 2016). Sin embargo, por su diversidad biológica es un centro del tráfico ilegal de especies silvestres con fines comerciales (Pino Varón & Piedrahita Hincapié, 2023). Por ejemplo, este país ocupa el segundo puesto a nivel mundial por su diversidad de anfibios, y, entre 2005 a 2019 las autoridades ambientales del país reportaron 1,164 incautaciones de individuos de este grupo taxonómico (Izquierdo Páez, 2021). No obstante, estas cifras no reflejan el verdadero impacto sobre los anfibios del país (Baptiste et al., 2002; Mancera Rodríguez & Reyes García, 2008). Aunado a ello, los anfibios son el grupo de vertebrados más amenazados a nivel global, con el 41 % de sus especies amenazadas a nivel internacional (IUCN, 2023); y según los datos emitidos por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), el 8.4 % de estos anfibios que se encuentran en alguna categoría de amenaza son comercializados ilegalmente (Güiza Suárez et al., 2022).

En este contexto, conocer la situación en que se encuentran los anfibios en Colombia frente al tráfico ilegal de especies es un desafío debido a la carencia de información precisa y actualizada

(Corredor Londoño et al., 2010; Izquierdo Páez, 2021; Güiza Suárez et al., 2022). Es por esto, que, recopilando la información de incautaciones y entregas voluntarias de todo el país por parte de las autoridades ambientales, se analizó la situación que enfrentan los anfibios frente al delito de tráfico ilícito de fauna silvestre entre los años 2018 y 2022 en Colombia. Se analizaron las especies más afectadas y los departamentos más relevantes para su comercialización. Al mismo tiempo, se comparó en un rango de cuatro años la cantidad de registros reportados del país. Con este análisis se espera obtener un recurso técnico que sirva de insumo para las autoridades pertinentes con el fin de mejorar la comprensión de esta actividad ilícita, y con ello, permita el diseño de estrategias efectivas que apoyen la disminución en el número de especies e individuos que se trafican en el país.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

Colombia se localiza sobre la línea ecuatorial en la parte noroccidental de Suramérica, siendo este uno de los únicos países de esta parte del continente que cuenta con dos océanos; Pacífico y Atlántico. Se encuentra conformado por 32 departamentos y 6 regiones biogeográficas: Andina, Pacífico, Caribe, Insular, Amazonía y Oriental (Fig. 1). Siendo la región Andina la que presenta la mayor riqueza de anfibios, seguido por la Amazonia y el Pacífico (Galeano et al., 2006; Moreno et al., 2016). Todas las regiones se caracterizan por presentar características únicas en los ecosistemas gracias a su variada geografía y clima, lo que se refleja en la alta diversidad de fauna y flora (Arbeláez-Cortés, 2013; Rangel - Ch, 2015). Los cuales presentan una alta tasa de endemismo, por lo que se considera a Colombia como un hot-spot de biodiversidad a nivel mundial (Myers et al., 2000).

Obtención de datos

Los datos sobre tráfico ilegal de anfibios en Colombia—entiéndase el tráfico ilegal como el transporte, tenencia, comercialización y extracción de fauna silvestres sin la autorización pertinente por parte de las autoridades nacionales— fueron solicitados a todas de las corporaciones

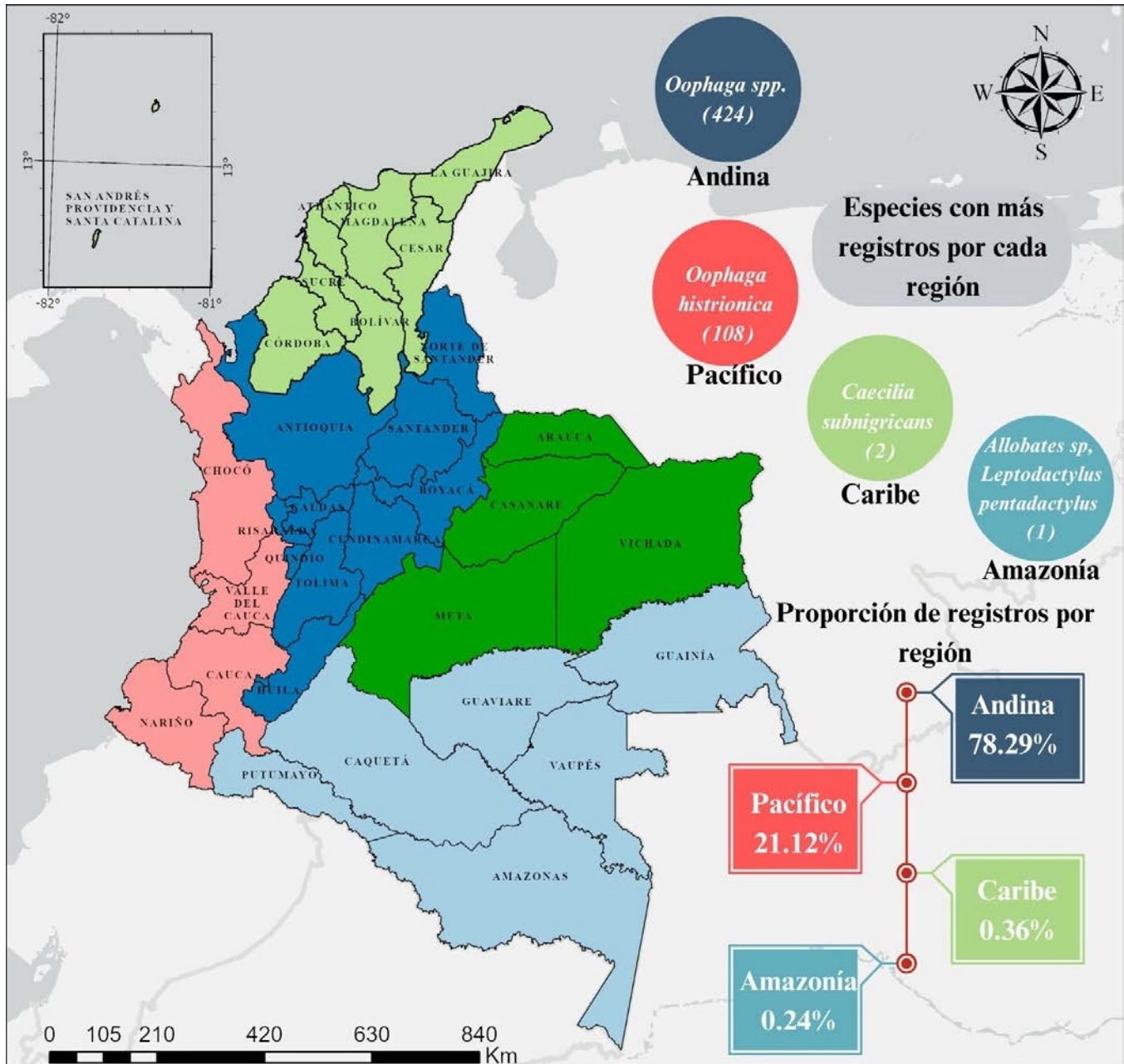


Figure 1. Map of the different departments that make up the country. The regions of the country with the greatest influence on the proportions of species records are highlighted.

Figura 1. Mapa de los distintos departamentos que conforman el país. Se destacan las regiones del país con mayor influencia de las proporciones de los registros de especies.

ambientales (33) del país y dos Distritos urbanos ambientales (Área Metropolitana del Valle de Aburrá y la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá). Dado que algunas corporaciones dispusieron de registros a partir del 2018, solo se analizó la información comprendida entre el 2018 al 2022. Los datos suministrados contenían información relacionada con la año, departamento y municipio del registro, clasificación taxonómica, cantidad de anfibios y tipo de registro en la cual fue clasificado

el reporte (entrega voluntaria e incautación). La categoría de entrega voluntaria puede presentar una alta incertidumbre relacionada a la correcta categorización del hecho, lugar donde el individuo fue colectado y recuperado por las autoridades (Izquierdo Páez, 2021; Güiza Suárez et al., 2022; Lozano-Suárez et al., 2024). No obstante, se tuvo en cuenta ya que esta podría subestimar el impacto real del tráfico ilegal a nivel nacional.

Clasificación taxonómica

Con el fin de corroborar y actualizar la clasificación taxonómica de cada anfibio reportado, se utilizaron las herramientas 'Name Parser' y 'Species matching' de GBIF (<https://www.gbif.org/>). Cabe mencionar, cinco anfibios solo fueron identificados hasta el nivel de orden (Anura), y, 480 individuos fueron clasificados hasta el nivel de género, siendo estos *Allobates* (1), *Boana* (5), *Caecilia* (1), *Eleutherodactylus* (2) y *Oophaga* (480), estos organismos se contaron como un taxón más debido a la incertidumbre sobre su clasificación taxonómica. Así mismo, se corroboró cuáles de los taxones reportados no son nativos del país por medio del listado de anfibios del país (Acosta-Galvis, 2023).

Posteriormente, a cada especie se le consultó la categoría de amenaza a nivel internacional, consultando la base de datos de la Unión Internacional para la conservación de la Naturaleza-UICN (<https://www.iucnredlist.org/>), la cual proporciona una lista exhaustiva de especies amenazadas a nivel global. Se revisó la resolución 126 del 2024 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, que identifica las especies amenazadas dentro del país (MADS, 2024). Además, examinó el listado de especies presentes en los diferentes apéndices generados por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres - CITES (<https://checklist.cites.org/#/en>).

Análisis de Datos

Todos los análisis estadísticos se realizaron usando el programa estadístico R (R Core Team, 2021) y se manejó como criterio de significancia un p-value de 0.05. La representación gráfica de los resultados se realizó por medio de la librería ggplot2 (Wickham, 2016). Se evaluó la normalidad y la homogeneidad de varianzas de los datos por medio de la prueba de Shapiro-Wilk y el test de Levene. Posteriormente, para determinar si había diferencias significativas entre la cantidad de registros reportados en los diferentes años analizados, por medio de la librería ggstatsplot (Patil, 2021) se ejecutó la prueba de Kruskal-Wallis y el test de Dunn, como prueba post hoc.

Análisis espacial

Se usó el programa ArcGIS pro versión 3.2.2 (ESRI, 2023) para la representación espacial de los datos a nivel nacional. Con el fin de determinar si la cantidad de reportes presentaban autocorrelación espacial, la cual se relaciona con la forma y tipo de distribución de los registros a una escala geográfica (Goodchild, 1986; Siabato & Guzmán-Manrique, 2019), se aplicó el

análisis de Moran, el cual facilita la identificación de la presencia y la dirección de la autocorrelación espacial en una escala general (Moran, 1948). Y se seleccionó "Contiguity Edges Only" como el método de conceptualización de relaciones espaciales elegido, ya que se ha hipotetizado que las rutas del tráfico de anfibio involucran departamentos colindantes (Güiza Suárez et al., 2022).

RESULTADOS

Durante el 2018-2022 las corporaciones del país reportaron 843 registros de anfibios (entregas voluntarias 4.74 %, incautaciones 85.18 % y no informan su clasificación 10.08 %) pertenecientes a 3 órdenes, 17 géneros y 26 especies (f 1). El 93.48 % de los individuos, así como la mayor cantidad de familias, géneros y especies que se vieron afectadas por el comercio ilegal pertenecieron al orden Anura (Fig. 2a), siendo las especies *Oophaga histrionica* (13.17 %), *Xenopus laevis* (10.44 %) y *Dendropsophus molitor* (6.52 %) las especies con mayor cantidad de reportes (13.17 %). El orden Caudata solo contó con *Ambystoma mexicanum* (6.17 %). En tercer lugar, se encontró el orden Gymnophiona con el 0.36 % de los datos. *Oophaga* y *Xenopus* representaron el 80.07 % de los géneros mencionados por las corporaciones (Fig. 2b). El resto, solo comprendieron entre el 6.52 % y 0.12 % de los registros.

A nivel internacional, la IUCN reporta 15 especies en Preocupación Menor, una Casi Amenazada (*Oophaga sylvatica*), una Vulnerable (*Gastrotheca bufona*) y tres en Peligro Crítico (*A. mexicanum*, *O. histrionica* y *O. lehmanni*). A nivel nacional, *O. histrionica* y *O. lehmanni* están en Peligro Crítico. Ante la CITES, todas las especies de género *Oophaga* (*O. sylvatica*, *O. histrionica* y *O. lehmanni*) junto a *A. mexicanum* y *Dendrobates truncatus* se ubican en el apéndice II (Tabla 1). En relación con el rango de distribución, se reportaron cuatro especies que no son nativas en el país, de estas, *X. laevis* es originaria del sur de África, seguido por *A. mexicanum*, especie cuyo rango de distribución se limita a una pequeña área en México. La otra especie, *Aquarana catesbeiana*— 0.24 %, se distribuye en el noreste de México y Estados Unidos.

Por otro lado, el promedio de reportes a nivel anual fue de 168.6 ± 170 . En el 2018 y el 2019 se registraron la mayor cantidad de individuos (59.67 % y 16.01 % respectivamente). El 2021 (7.12 %) y 2022 (5.58 %) obtuvieron los más bajos porcentajes de representatividad. No obstante, pese a la disparidad de los reportes anuales, no se observaron diferencias significativas al tener en cuenta todas las categorías (Fig. 3). Respecto a las entregas voluntarias, el 2018 presentó la mayor cantidad de datos (35 %), el resto de los años presentaron entre el 15 % y el

17.5 %. A nivel de incautaciones, el 78.91 % fueron reportados en los primeros dos años estudiados (2018-16.85 % y 2019-62.12 %). Entre el 2020 y 2022 se observó una disminución de registros de incautaciones, que pasó del 12.53 % al 2.92 %. Así mismo, tanto las entregas voluntarias como las incautaciones no presentaron diferencias significativas ($p\text{-value} > 0.05$).

A nivel espacial, 12 de los 32 departamentos del país presentaron reportes de incautaciones y entregas voluntarias (Fig. 4), siendo Cundinamarca (62.75 %), Chocó (12.82 %), Antioquía (11.27 %), Cauca (5.58 %) y Valle del Cauca (2.73 %) los más representativos. No obstante, los resultados del análisis de Moran arrojaron que no hay autocorrelación espacial (Moran's Index: -0.03; $p\text{-value}$: 0.85; $z\text{-score}$: -0.17).

Table 1. Taxa with their respective figures reported by the different corporations. Abbreviations are as follows: EV-Voluntary Surrender, IN-Seizure, NI-Classification category not mentioned in the report.

Tabla 1. Taxones con sus respectivas cifras reportadas por las distintas corporaciones. Las abreviaciones hacen referencia a: EV-Entrega voluntaria, IN-Incautación, NI-No informan la categoría en la cual se clasificó el reporte.

Orden	Familia	Genero	Especie	IUCN	CITES	Resolución	EV	IN	NA
Anura	Aromobatidae	<i>Allobates</i>	<i>Allobates</i> sp.				1	0	0
Caudata	Ambystomatidae	<i>Ambystoma</i>	<i>Ambystoma mexicanum</i>	CR	II		6	36	10
Anura							5	0	0
Anura	Hylidae	<i>Boana</i>	<i>Boana platanera</i>	LC			7	1	0
Anura	Hylidae	<i>Boana</i>	<i>Boana pugnax</i>	LC			4	0	3
Anura	Hylidae	<i>Boana</i>	<i>Boana</i> sp.				0	5	0
Gymnophiona	Caeciliidae	<i>Caecilia</i>	<i>Caecilia</i> sp.				1	0	0
Gymnophiona	Caeciliidae	<i>Caecilia</i>	<i>Caecilia subnigricans</i>	LC			2	0	0
Anura	Ceratophryidae	<i>Ceratophrys</i>	<i>Ceratophrys calcarata</i>	LC			1	0	0
Anura	Dendrobatidae	<i>Dendrobates</i>	<i>Dendrobates truncatus</i>	LC	II		0	0	3
Anura	Hylidae	<i>Dendropsophus</i>	<i>Dendropsophus bogerti</i>	LC			1	0	0
Anura	Hylidae	<i>Dendropsophus</i>	<i>Dendropsophus molitor</i>	LC			0	55	0
Anura	Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus</i>	<i>Eleutherodactylus</i> sp.				1	1	0
Anura	Hemiphractidae	<i>Gastrotheca</i>	<i>Gastrotheca bufona</i>	VU			0	0	1
Anura	Leptodactylidae	<i>Leptodactylus</i>	<i>Leptodactylus pentadactylus</i>	LC			1	0	0
Anura	Ranidae	<i>Aquarana</i>	<i>Aquarana catesbeiana</i>	LC			2	0	0
Anura	Dendrobatidae	<i>Oophaga</i>	<i>Oophaga histrionica</i>	CR	II	CR	0	62	49
Anura	Dendrobatidae	<i>Oophaga</i>	<i>Oophaga lehmanni</i>	CR	II	CR	0	3	0
Anura	Dendrobatidae	<i>Oophaga</i>	<i>Oophaga</i> sp.				0	471	0
Anura	Dendrobatidae	<i>Oophaga</i>	<i>Oophaga sylvatica</i>	NT	II		0	2	0
Anura	Pipidae	<i>Pipa</i>	<i>Pipa pipa</i>	LC			0	1	0
Anura	Craugastoridae	<i>Pristimantis</i>	<i>Pristimantis achatinus</i>	LC			2	0	0
Anura	Bufonidae	<i>Rhinella</i>	<i>Rhinella horribilis</i>	LC			3	0	0

DISCUSIÓN

Las especies del género *Oophaga* fueron las más afectadas por el tráfico ilegal en Colombia durante el 2018-2022. Al mismo tiempo, presentan la mayor incertidumbre, puesto que el 69.63 % del total de los reportes corresponden a este género, pero, solamente al 13.76 % de los individuos fueron identificados hasta el nivel de especie (*O. histrionica* – 13.17 %, *O. lehmanni* – 0.36 % y *O. sylvatica* – 0.24 %). Colombia cuenta hasta la fecha con siete especies de este género (Acosta Galvis, 2023), por lo que se desconoce, si el 55.87 % restante corresponde a las otras especies reportadas (*O. solanensis*, *O. anchicayensis*, *O. andresi* y *O. occultator*). Esta situación, puede ser consecuencia de la falta de recursos y la ausencia de personal capacitado (Corredor Londoño et al., 2010; Cáceres-Martínez et al., 2017; Izquierdo

Páez, 2021), que repercuten en la precisión de la información al momento de identificar las especies incautadas. Situación que resulta alarmante, ya que todas estas especies se encuentran amenazadas a nivel internacional.

Los registros obtenidos para las especies *Pipa pipa*, *Boana pugnax*, *B. platanera*, *Dendropsophus bogerti*, *D. molitor*, *Gastrotheca bufona*, *Pristimantis achatinus* y *Caecilia subnigricans*, amplían la cantidad y tipo de amenazas que están sufriendo estos taxones. Siendo esta información relevante para la conservación, ya que hasta la fecha se desconocía que estos taxones estuvieran siendo afectados por el tráfico ilegal (IUCN SSC Amphibian Specialist Group 2017, 2018a, 2018b 2020c, 2020d, 2023b, 2023c). Conocimiento que podrá aportar a los esfuerzos y estrategias de preservación de los anfibios en el país.

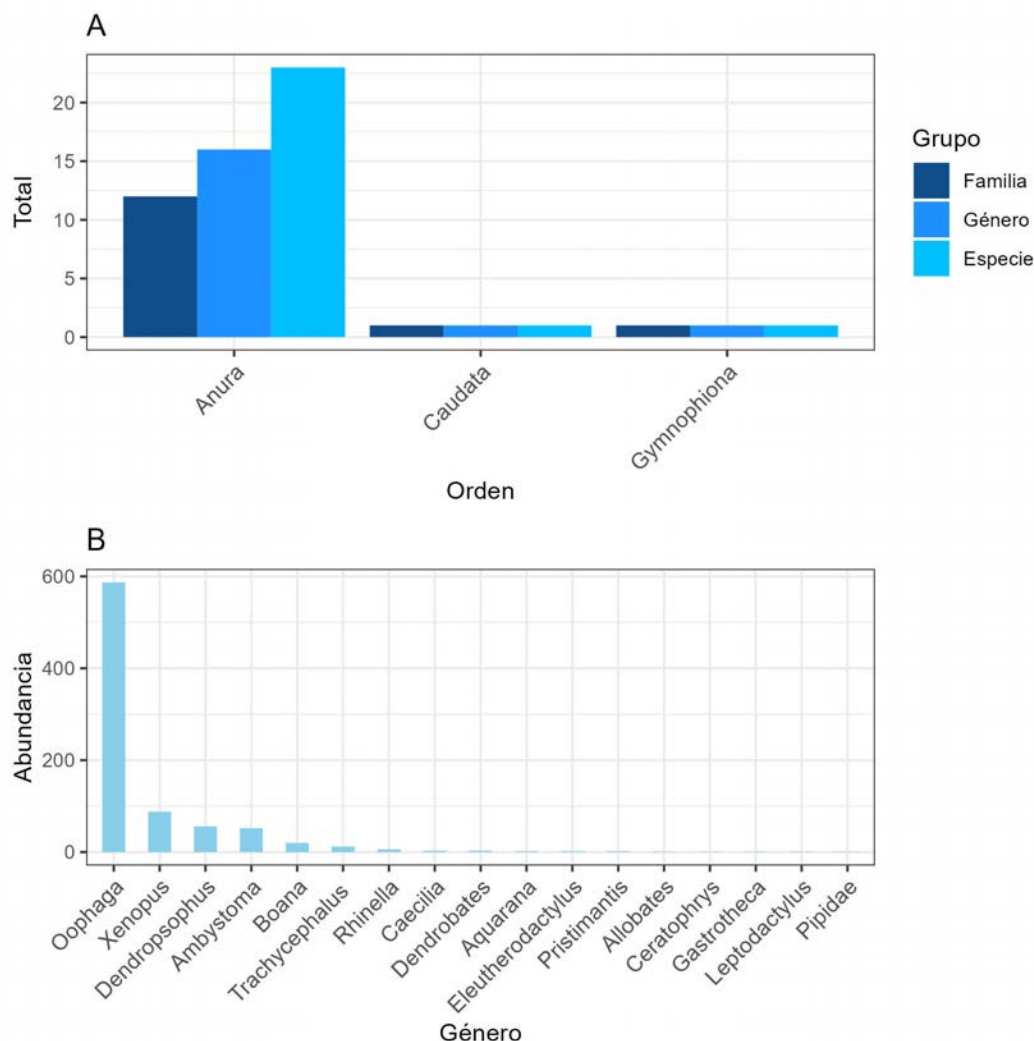


Figure 2. A) Number of families, genera and species reported for the different orders of amphibians in Colombia. B) Abundance of specimens for the different taxonomic genera.

Figura 2. A) Número de familias, géneros y especies reportados para los distintos ordenes de anfibios en Colombia. B) Abundancia para los distintos géneros taxonómicos.

Una consideración importante es la presencia de especies no nativas, puesto que su hallazgo demuestra que, así como Colombia juega un papel relevante como área de origen de distintas especies que se trafican a nivel internacional (Sollund, 2017; Hagen, 2019; Morcatty, 2022), también sería un país de destino dentro de este mercado ilegal internacional. Al mismo tiempo, hay que destacar los reportes de *A. mexicanum*, ya que esta especie se encuentra fuertemente amenazada por su reducido rango de distribución, la modificación del paisaje y la pérdida de hábitat (AmphibiaWeb, 2024; IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2020). Además, esta especie ya ha sido reportada dentro del comercio ilegal de otros países (Kaczmarek & Kolenda, 2018; Maximo et al., 2021). Aspecto que refleja la necesidad de implementar una colaboración internacional con el fin de identificar y erradicar esas redes de comercio transnacionales. Situación que aplica para *X. laevis*, ya que presentó la máxima cantidad de registros dentro de este grupo de anfibios no nativos,

y aunado a ello, es una especie que ya se ha reportado como invasora en otros países (Measey et al., 2012) y cuya presencia puede afectar el estado poblacional de especies nativas (Lillo et al., 2011). En el caso de los reportes para el género *Rhinella* (*R. horribilis* y *R. marina*) generan ciertas interrogantes respecto al propósito por los cuales se están traficando, y podrían poner en duda la veracidad de los resultados observados, ya que son especies comunes por todo el territorio nacional. No obstante, son especies que presentan una relevancia sociocultural en distintas partes del continente, puesto que muchas comunidades las usan dentro de su gastronomía y medicina tradicional (Rojas et al., 2015; Schmeda-Hirschmann et al., 2015; Gallardo-Casas et al., 2023), aspectos que podrían soportar sus registros.

Ante la CITES, llama la atención que dentro del 2018-2022 Colombia exportó de manera legal más de 4,000 anfibios (CITES Secretariat & UNEP-WCMC, 2022) pertenecientes a 11 especies

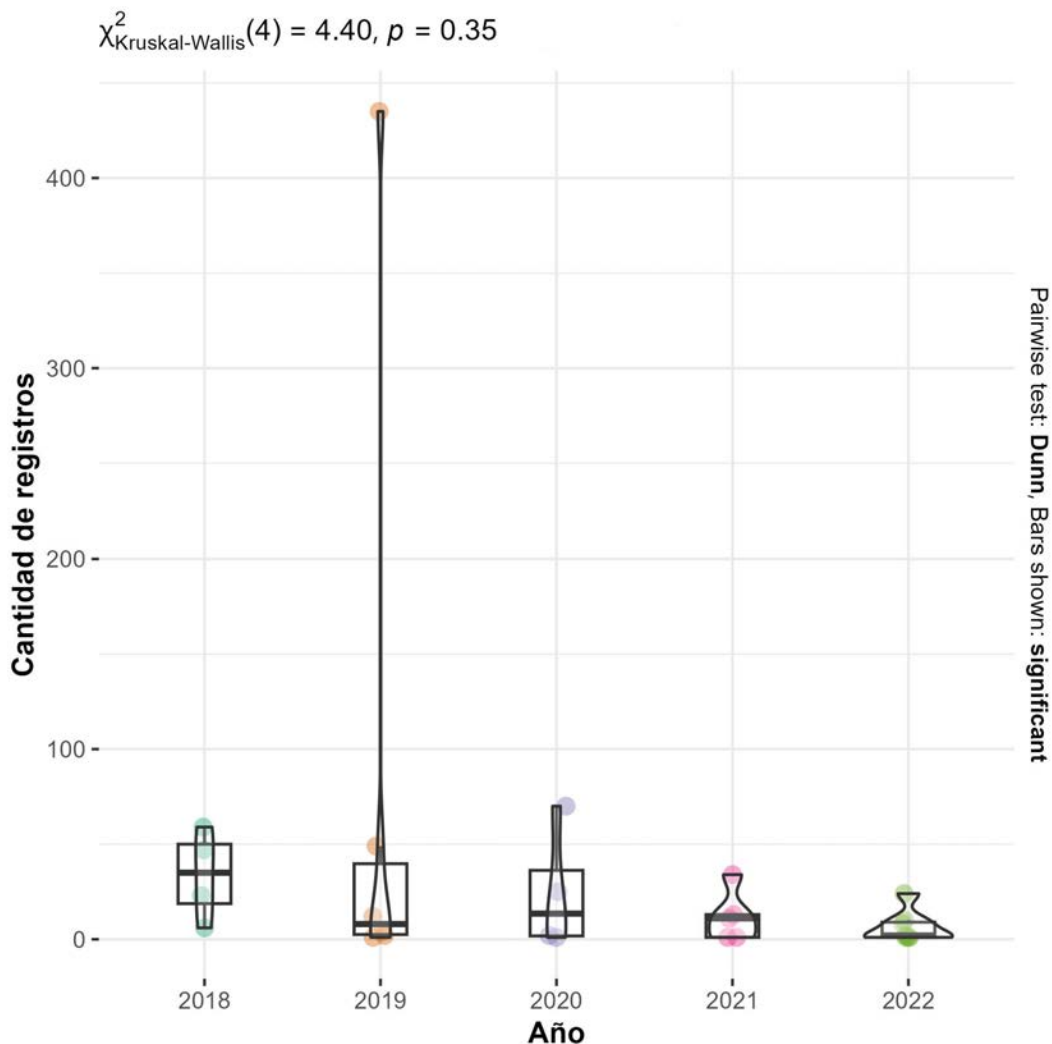


Figure 3. Box plot with the number of records for the different years analyzed with the result of the Kruskal Wallis analysis.

Figura 3. Diagrama de cajas con la cantidad de registros para los diferentes años analizados con el resultado del análisis de Kruskal Wallis.

(*Allobates femoralis*, *Ameerega hahneli*, *A. trivittata*, *Andinobates opisthomelas*, *Dendrobates auratus*, *D. truncatus*, *O. histrionica*, *O. lehmanni*, *Phyllobates aurotaenia*, *P. bicolor* y *P. terribilis*). De éstas, las autoridades ambientales solo reportaron tres (*D. truncatus*, *O. histrionica* y *O. lehmanni*), lo que podría indicar que, dado que la zootecia y la comercialización legal al implementarse

correctamente pueden ayudar a proteger los anfibios al disminuir su demanda en los mercados ilegales internacionales (Güiza Suárez et al., 2022), estas medidas repercutieron positivamente sobre la demanda de las ocho especies no reportadas. No obstante, la cantidad de incautaciones y entregas voluntarias no logran representar en el mejor de los escenarios

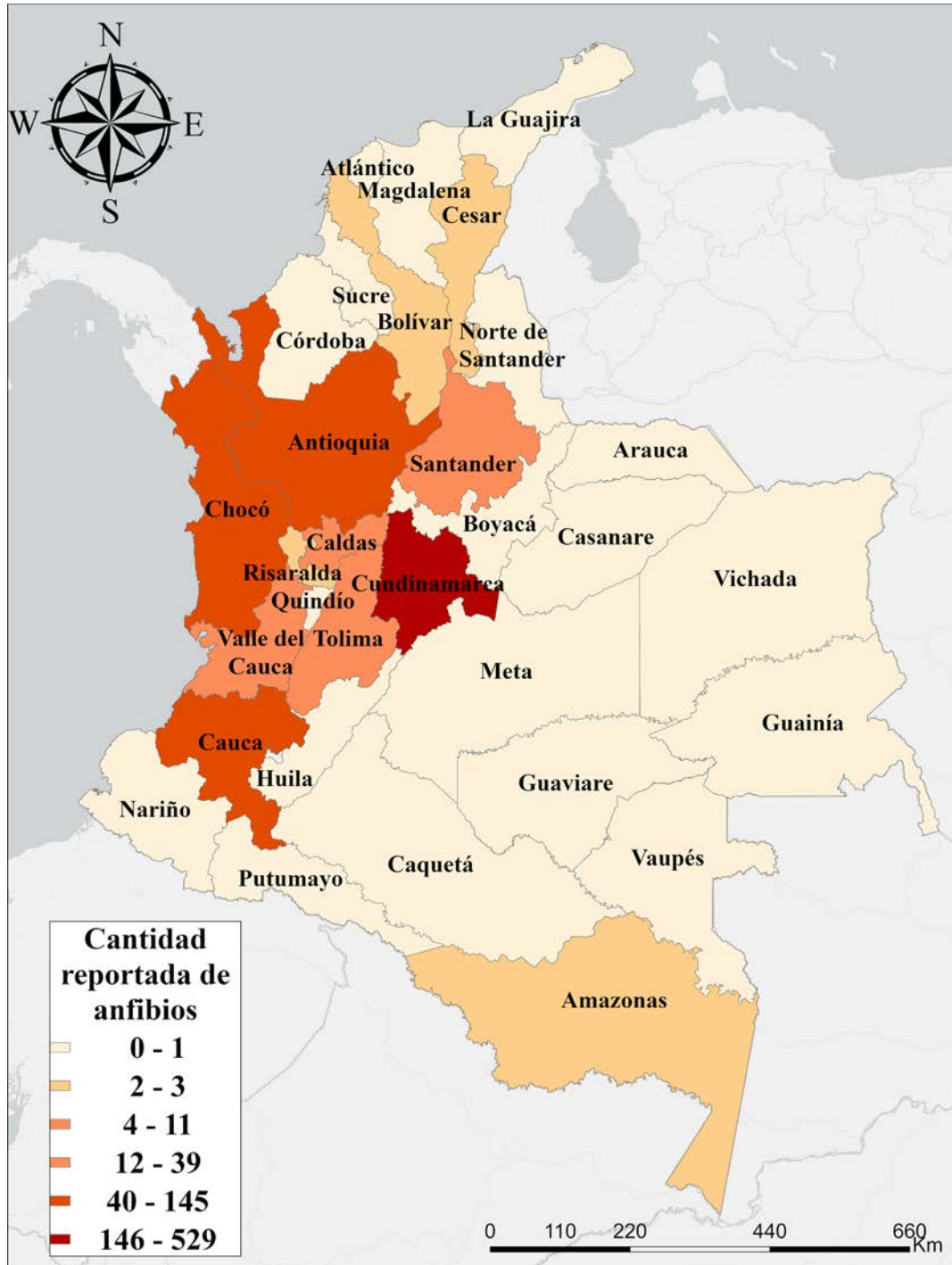


Figure 4. Number of amphibian reports for the different departments of the country during 2018-2022.

Figura 4. Cantidad de reportes de anfibios para los distintos departamentos del país durante 2018-2022.

más del 10 % del total de animales que se trafican en el país de manera ilícita (Baptiste et al., 2002), siendo factible que una o varias de las otras ocho especies este siendo afectada por la extracción ilegal de individuos para su tráfico. Por lo que se hace necesario la intensificación sobre las estrategias de control del tráfico en el país, y, realizar estudios futuros abarcando los datos de los últimos años con el fin de analizar si se sigue presentando el mismo comportamiento con los registros.

Entre el 2018-2022 se reportó una menor cantidad de especies e individuos traficados en comparación con el 2005-2019 (Izquierdo Páez, 2021), lo que podría indicar una atenuación del tráfico en otros anfibios. De igual manera, también dichas cifras pueden ser el reflejo de la efectividad de los planes de manejo y conservación de distintas especies que presentan una alta demanda en el mercado ilegal (Corredor et al., 2010; Gómez-Díaz et al., 2019), aspecto que ha permitido aumentar la recuperación de individuos a través de diferentes estrategias de control sobre la extracción ilícita. Ahora, el tráfico ilegal de fauna silvestre en Colombia por muchos años fue subestimado, pero en las últimas décadas las autoridades han empezado a prestarle mayor atención a esta problemática (Izquierdo Páez, 2021; Pino Varón & Piedrahita Hincapié, 2023) aspecto que podría explicar la disminución en las cantidades registradas.

Con relación a lo anterior, sobresale el caso del departamento del Chocó, ya que presenta reportes significativos para los años 2018 y 2019, sin embargo, para los años restantes (2020, 2021 y 2022) no hay ningún dato. Cabe mencionar, que este departamento presenta una alta diversidad de anfibios (Urbina-Cardona et al., 2011) y que varias especies de este grupo afectadas por el comercio ilegal están presentes en este departamento. Es por ello, que dicha situación pudo darse por distintos factores, ya sea que la falta de datos demuestra la ausencia de acción y control por parte de las entidades encargadas para poder lograr una presencia municipal, regional y nacional efectiva como menciona Güiza Suaréz et al. (2022) con relación a las limitaciones sobre el control del mercado ilegal. También pudo ser una consecuencia de la pandemia del COVID-19, la cual se ha evidenciado que altero tanto positiva como negativamente la manera en que se extrae y se comercializa fauna silvestre (Cherkaoui et al., 2020; Morcatty et al., 2021; Quimbayo et al., 2022; Hübschle & Gore, 2024), hipótesis que también explicaría la disminución en las incautaciones entre el 2019-2022.

No obstante, la pandemia en Colombia tuvo fuertes impactos sobre los recursos públicos (Londoño-Vélez & Querubin, 2022; Vargas-Herrera et al., 2022), situación que pudo haber limitado los recursos disponibles en las distintas corporaciones, y al

mismo tiempo, limitar la presencia y control de las autoridades. Puesto que se ha evidenciado que la inversión presupuestal y los recursos disponibles afectan el desempeño de las corporaciones frente al tráfico de fauna silvestre (Izquierdo Páez, 2021). Sin embargo, no es posible establecer una relación clara que permita entender la causa sobre la disminución de registros en este departamento. Situación que demuestra la necesidad de realizar análisis más profundos que permitan comprender que variables están incidiendo en la cantidad de reportes de anfibios por parte de las autoridades ambientales del país.

A pesar de que este grupo taxonómico es uno de los menos traficados en el país (Izquierdo Páez, 2021; Güiza Suaréz et al., 2022), los anfibios presentan la mayor cantidad de especies amenazadas (Cox et al., 2022; Luedtke et al., 2023), por lo que el impacto del comercio ilegal puede tener un efecto profundo sobre el estado de sus poblaciones. Adicionalmente, en Colombia se reportó un promedio de 168.6 ± 170 anfibios por año, pero este valor solo refleja lo que lograron registrar las autoridades ambientales, por lo que siguiendo las estimaciones de Baptiste et al. (2002), quienes plantean que las entidades ambientales del país solo logran reportar entre el 1% y el 10% del total de individuos traficados, la cifra real de anfibios traficados anualmente podría oscilar entre 8,430 y 84,300. Estas estimaciones pueden variar según el grupo taxonómico, pero suponer el mejor de los escenarios en el que anualmente se trafican 8,430 anfibios sigue siendo preocupante, dado que es una cifra elevada para especies con un alto grado de amenaza.

A nivel espacial, la baja y nula representatividad en las regiones de la Amazonia y Orinoquia podría deberse a dos situaciones. Primeramente, pese a que en estas regiones se distribuyen algunas especies, como *Dendrobates leucomelas*, que son traficadas como mascotas por el mercado ilegal en otros países (IUCN SSC Amphibian Specialist Group 2023), en Colombia gran parte de las especies con mayor demanda reportadas para el comercio ilícito se distribuyen solamente en las regiones del Pacífico y Andina. En segundo lugar, se ha evidenciado que las cifras en las Amazonia y Orinoquia colombiana subestiman la cantidad de especies que se están viendo afectadas por el tráfico ilegal, como consecuencia al área de extensión de los departamentos que componen estas regiones, lo cual limita las estrategias de control y prevención del tráfico de fauna por parte de las autoridades pertinentes (Bonilla-Liberato et al., 2024). Es por ello, que se hace necesario aumentar los esfuerzos de control, y a la par, robustecer la información temporal de individuos incautados y entregados voluntariamente por parte de las autoridades. Con el fin de esclarecer y comprender como es la dinámica del tráfico de anfibios en dichas regiones.

A pesar de que no se encontró un patrón en la distribución de los reportes, debido al análisis usado es sensible a los datos atípicos y a la escala espacial analizada (DeWitt et al., 2021), sí es evidente el papel relevante que tiene el departamento de Cundinamarca, más específicamente la Ciudad de Bogotá dentro del tráfico de anfibios en el país. Esta ciudad juega un papel relevante al ser un punto específico para la distribución de fauna silvestre a nivel nacional e internacional (Valencia González, 2018; Izquierdo Páez, 2021), por lo que los controles establecidos especialmente en el aeropuerto han permitido la incautación de gran parte de los registros en esta ciudad. Además, se ha evidenciado que gran parte de los departamentos en la región Andina son intermediarios y destino final de muchas especies que se comercializan en el país (Arroyave-Bermúdez et al., 2014). Sin embargo, dada la alta cantidad de reportes en este lugar se generan ciertas preguntas relacionadas a qué tan efectivas están siendo las medidas de control y prevención en los departamentos donde se extrajeron estos individuos. Ya que, al verificar los rangos de distribución de distintas especies, se puede observar la larga distancia que se presenta en relación a donde se generaron los reportes. Ejemplo de esto es el género *Oophaga*, que presentó un total de 432 reportes en esta ciudad, y el rango de distribución de estas especies se limitan en la cordillera occidental de la región del Pacífico.

Dentro de los tetrápodos, los anfibios son el grupo más amenazado en todo el mundo (Cox et al., 2022), y pese a los esfuerzos de conservación que se han implementado en los últimos años, aún no ha disminuido el nivel de amenaza para algunos taxones en específico (Lötters et al., 2023). Especialmente en áreas en donde se concentra la mayor diversidad, y al mismo tiempo, la mayor cantidad de especies amenazadas, como lo es el neotrópico (Luedtke et al., 2023). Es por ello, que dada la relevancia de Colombia en términos de diversidad de anfibios (Acosta Galvis, 2023), los resultados obtenidos en la presente investigación permiten realizar una aproximación a la problemática que está enfrentando este grupo taxonómico por el tráfico ilegal, facilitando la identificación de las especies más afectadas, y al mismo tiempo, permitiendo la detección de los departamentos más relevantes dentro de la comercialización de anfibios. Información que es crucial dentro de las estrategias de control, mitigación y prevención del tráfico ilegal de especies por parte de las autoridades ambientales y de control del país. Ya que, pese a que los anfibios son el grupo menos atractivo dentro del mercado ilegal en Colombia (Izquierdo Páez, 2021; Güiza Suárez et al., 2022), se ha subestimado dicha problemática, y, los vacíos de información que presentan impiden generar un diagnóstico preciso sobre la cantidad de anfibios y especies afectadas por esta actividad ilícita.

Como consecuencia, el tráfico de anfibios debe abordarse urgentemente con una visión transdisciplinar (Sas-Rolfes et al., 2019) que permita identificar los diferentes actores involucrados en esa actividad junto a sus motivadores. Ya que, en Colombia, estos actores presentan diferentes razones que los llevan a delinquir (Sollund, 2017), por lo que es necesario generar estrategias efectivas que se articulen con esas realidades con el fin de poder generar un impacto positivo sobre la conservación de estas especies. Aunado a ello, las diferentes comunidades que conviven diariamente con la fauna silvestre tienen un rol relevante dentro de la efectividad de las estrategias de conservación (Toledo, 2001; Adom, 2016; Hausmann et al., 2016; Freitas et al., 2020), planteando la posibilidad de establecer estrategias enfocadas en la zoonocria comunitaria (Güiza Suárez et al., 2022). Es por ello, que es una prioridad estudiar y analizar las relaciones etnozoológicas que presentan diferentes comunidades con diferentes anfibios con el fin de generar una participación de estas comunidades en la conservación de estas especies traficadas. Así mismo, el tráfico ilegal de anfibios en Colombia ha generado la implementación de diferentes estrategias con el fin de minimizar la demanda en el mercado ilegal internacional, como viene siendo la zoonocria y reintroducción. No obstante, dado que aún se mantiene la presión sobre ciertas especies de manera ilegal en los últimos años, se hace necesario implementar estrategias alternativas que permitan la disminución de individuos traficados.

CONCLUSIÓN

El tráfico ilegal de anfibios representa un gran desafío para la conservación de estos organismos, especialmente en las regiones que sobresalen por su alta diversidad, como es el caso de Colombia, país en donde en las últimas décadas se ha acrecentado el interés y la presión del comercio ilegal sobre este grupo. De esta manera, los resultados reportados en este estudio, pese a presentar varios desafíos, generan una aproximación que permite la identificación de las especies más vulnerables por estas actividades ilícitas y las áreas del país más afectadas. Aspecto que llevara a la planificación efectiva por parte de las autoridades competentes con el fin de disminuir el impacto sobre la vida silvestre. Así mismo, los resultados obtenidos demuestran la relevancia que puede estar teniendo Colombia como lugar de destino de especies traficadas de otros países, situación que recalca la necesidad de generar esfuerzos cooperativos entre diferentes países y organismos internacionales con el fin de dismantelar esas redes ilegales transnacionales. Del mismo modo, se hace necesario fortalecer la presencia y acción de las corporaciones y autoridades de control en departamentos que sobresalen por su rica diversidad, y que juegan un papel

importante como sitios de extracción o movilización de anfibios colectados ilegalmente. Finalmente, el abordar esta problemática implica abordar un enfoque multidisciplinario y colaborativo que permita comprender de mejor manera los contextos sociales, con el fin de generar estrategias prácticas que involucren a las comunidades.

Agradecimientos.- Gracias a la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial de La Macarena, Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare, Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, Corporación Autónoma Regional de Risaralda, Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique, Corporación Autónoma Regional de Sucre, Corporación Autónoma Regional de Santander, Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y Oriente de la Amazonía, Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó, Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia, Corporación Autónoma Regional del Magdalena, Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonía, Corporación Autónoma Regional de Boyacá, Corporación Autónoma Regional de Caldas, Corporación Autónoma Regional del Cesar, Corporación Autónoma Regional de Chivor, Corporación Autónoma Regional de La Guajira, Corporación Autónoma Regional del Guavio, Corporación para el Desarrollo Sostenible de La Mojana y El San Jorge, Corporación Autónoma Regional de Nariño, Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental, Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia, Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá, Corporación Autónoma Regional del Tolima, Corporación Autónoma Regional del Atlántico, Corporación Autónoma Regional del Cauca, Corporación Autónoma Regional del Quindío, Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar, Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge, Secretaría de Medio Ambiente de Bogotá y Área Metropolitana del Valle de Aburrá, por haber proporcionado la información necesaria para desarrollar este estudio.

Aspectos éticos.- Declaramos no existe ningún conflicto de intereses con relación a los resultados, análisis y objetivos de la investigación. No contamos con afiliaciones financieras para el presente estudio, ni tenemos intereses comerciales o cualquier otro tipo de relación que pueda influir en la objetividad de los hallazgos presentados en este trabajo.

LITERATURA CITADA

- Acosta Galvis, A.R. 2023. Lista de los Anfibios de Colombia: Referencia en línea V.13.2023. Batrachia. <https://www.batrachia.com/sitemap/>. Villa de Leyva, Boyacá, Colombia. [Consultado en mayo 2024]
- Adom, D. 2016. Inclusion of local people and their cultural practices in biodiversity conservation: lessons from successful nations. *American Journal of Environmental Protection* 4:67-78.
- AmphibiaWeb. 2024. University of California, Berkeley, CA, USA. Accessed 11 Jun 2024. <https://amphibiaweb.org>. [Consultado en mayo 2024]
- Arbeláez-Cortés, E. 2013. Knowledge of Colombian biodiversity: published and indexed. *Biodiversity and Conservation* 22:2875-2906.
- Arroyave-Bermúdez, F.J., O.Y. Romero-Goyeneche, M.A. Bonilla-Gómez & R.G. Hurtado-Heredia. 2014. Tráfico ilegal de tortugas continentales (Testudinata) en Colombia: una aproximación desde el análisis de redes. *Acta Biológica Colombiana* 19:381-392.
- Baptiste, L.G., R. Polanco, S. Hernández & M.P. Quiceno. 2002. Fauna silvestre de Colombia: historia económica y social de un proceso de marginalización. Pp. 295-340. En A. Ulloa (Ed.), *Rostros Culturales de la Fauna. Las Relaciones Entre los Humanos y los Animales en el Contexto Colombiano* Instituto Colombiano de Antropología e Historia. Bogotá, Colombia.
- Bonilla-Liberato, E.D., T.E. Lozano-Suárez, M.F. Forero-Castellanos & E.O. López-Delgado. 2024. Impacto del tráfico ilegal de mamíferos en Colombia con enfoque en los análisis de biodiversidad. *Revista De La Academia Colombiana De Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales* 48 188:508-522.
- Cáceres-Martínez, C.H., M.P. Villamizar & A. Arias-Alzate. 2017. Diagnóstico sobre el tráfico de fauna silvestre en el departamento de Norte de Santander, Colombia. *Revista Biodiversidad Neotropical* 7:189-199.
- Cherkaoui, S., M. Boukherouk, T. Lakhal, A. Aghzar & L.E. Youssfi. 2020. Conservation amid COVID-19 pandemic: ecotourism collapse threatens communities and wildlife in Morocco. *E3S Web of Conferences* 183:01003.

- CITES Secretariat & UNEP-WCMC. 2022. A Guide to Using the CITES Trade Database. Version 9. Geneva, Switzerland, and Cambridge, UK.
- Corredor Londoño, G., B. Velasquez Escobar, J.A. Velasco Vinasco, F. Castro Herrera, W. Bolivar García & M.L. Salazar Valencia. 2010. Plan de Acción para la Conservación de los Anfibios del Departamento del Valle del Cauca. CVC. Colombia.
- Cox, N., B.E. Young, P. Bowles, M. Fernandez, J. Marin, G. Rapacciuolo, M. Böhm, T.M. Brooks, S.B. Hedges, C. Hilton-Taylor, M. Hoffmann, R.K.B. Jenkins, M.F. Tognelli, G.J. Alexander, A. Allison, N.B. Ananjeva, M. Auliya, L.J. Avila, D.G. Chapple, D.F. Cisneros-Heredia, H.G. Cogger, G.R. Colli, A. de Silva, C.C. Eisemberg, J. Els, A.G. Fong, T.D. Grant, R.A. Hitchmough, D.T. Iskandar, N. Kidera, M. Martins, S. Meiri, N.J. Mitchell, S. Molur, C.C. Nogueira, J.C. Ortiz, J. Penner, A.G.J. Rhodin, G. Rivas, M-O. Rödel, U. Roll, K.L. Sanders, G. Santos-Barrera, G.M. Shea, S. Spawls, B.L. Stuart, Tolley, K.A., J-F. Trape, M.A. Vidal, P. Wagner, B.P. Wallace & Y. Xie. 2022. A global reptile assessment highlights shared conservation needs of tetrapods. *Nature* 605:285-290.
- DeWitt, T.J., J.I. Fuentes, T.R. Iorger & M.P. Bishop. 2021. Rectifying I: three point and continuous fit of the spatial autocorrelation metric, Moran's I, to ideal form. *Landscape Ecology* 36 10:2897-2918.
- Esri. 2023. ArcGIS Pro (Version 3.2.2) [Software]. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc.
- Freitas, C.T., P.F. Lopes, J.V. Campos-Silva, M.M. Noble, R. Dyball & C.A. Peres. 2020. Co-management of culturally important species: A tool to promote biodiversity conservation and human well-being. *People and Nature* 2:61-81.
- Galeano, S.P., N. Urbina-Cardona, C.M. Rivera & V. Páez. 2006. Los Anfibios de Colombia, diversidad y estado de conocimiento. Pp. 106-118. En M.E. Chaves & M. Santamaría (Eds.). Informe Nacional Sobre el Avance en el Conocimiento y la Información de la Biodiversidad 1998 –2004, Tomo II. Instituto de investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C.
- Gallardo-Casas, C.Á., I.M. González-García, H.A. Sánchez-Maldonado, N.G. Jiménez-Sánchez & J.D. Olea Vázquez. 2023. El Veneno de Sapo de la Caña Rhinella Marina, Anura: Bufonidae Provoca Daño en el Intestino Delgado en Ratones CD1. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* 7 5:10506-10514.
- García Ramos, E.P. & M.A. Pazmiño Zapata. 2024. El tráfico de animales en peligro de extinción: un delito transfronterizo. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria Pentaciencias* 6 1:150-158.
- Gómez-Díaz, M., C. Burbano-Yandi & W. Bolívar-García. 2019. Actualización del plan de manejo para la rana venenosa de Lehmann *Oophaga lehmanni* (Myers y Daly, 1976). Universidad del Valle. Corporación Autonoma Regional del Valle del Cauca-CVC, Cali. Colombia.
- Goodchild, M.F. (1986). Spatial autocorrelation (Catmog 47). Geo Books, Norwich, England.
- Güiza Suárez, L., A. Balcázar Salazar & L.D. Acevedo Cendales. 2022. Tráfico ilegal de anfibios en Colombia: un análisis jurídico. Editorial Universidad del Rosario y Wildlife Conservation Society, Bogotá, Colombia.
- Hagen, H.K.L. 2019. Barriers to compliance with CITES: A Qualitative Study of Wildlife Crime in Colombia. Norwegian University of Life Sciences, Colombia.
- Hübschle, A. & M.L. Gore. 2024. Lessons in resilience from the illegal wildlife trade during COVID-19 lockdowns. *The Science of the total environment* 916:170365.
- Hausmann, A., R.O. Slotow, J.K. Burns & E. Di Minin. 2016. The ecosystem service of sense of place: benefits for human well-being and biodiversity conservation. *Environmental conservation* 43 2:117-127.
- Hughes, A.C. 2021. Wildlife trade. *Current Biology* 31:R1218-R1224.
- International Union for Conservation of Nature and Natural Resources-IUCN. 2023. Estadísticas de resumen.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2017. *Gastrotheca bufona*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T55326A85896270. <https://www.iucnredlist.org/species/55326/85896270> [Consultado en octubre 2024].
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2018a. *Dendropsophus bogerti*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T55417A85900256. <https://www.iucnredlist.org/species/55417/85900256> [Consultado en octubre 2024].
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2018b. *Pristimantis achatinus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T56390A54349179.



- <https://www.iucnredlist.org/species/56390/54349179> [Consultado en octubre 2024].
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2020a. *Ambystoma mexicanum*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T1095A53947343. <https://www.iucnredlist.org/species/1095/53947343> [Consultado en mayo 2024].
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2020b. *Xenopus laevis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T110466172A3066881. <https://www.iucnredlist.org/species/110466172/3066881> [Consultado en mayo 2024].
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2020c. *Caecilia subnigrans*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T59528A85910814. <https://www.iucnredlist.org/species/59528/85910814> [Consultado en junio 2024].
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2020d. *Boana pugnax*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T55618A54347281. <https://www.iucnredlist.org/species/55618/54347281> [Consultado en octubre 2024].
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2021. *Dryophytes squirellus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T55662A118978652. <https://www.iucnredlist.org/species/55662/118978652> [Consultado en mayo 2024].
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2022. *Lithobates catesbeianus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2022: e.T58565A193396825. <https://www.iucnredlist.org/species/58565/193396825> [Consultado en mayo 2024].
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2023a. *Dendrobates leucomelas*. The IUCN Red List of Threatened Species 2023: e.T55191A61395501. <https://www.iucnredlist.org/species/55191/61395501> [Consultado en octubre 2024].
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2023b. *Pipa pipa*. The IUCN Red List of Threatened Species 2023: e.T58163A85900348. <https://www.iucnredlist.org/species/58163/85900348> [Consultado en junio 2024].
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2023c. *Boana platanera*. The IUCN Red List of Threatened Species 2023: e.T208081337A208081433. <https://www.iucnredlist.org/species/208081337/208081433> [Consultado en junio 2024].
- Izquierdo Páez, J.P. 2021. Caracterización de la dinámica del tráfico ilegal de fauna silvestre en Colombia y en el Distrito Capital entre los años 2005 y 2019. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Kaczmarek, M. & K. Kolenda. 2018. Non-native Amphibian Pet Trade via Internet in Poland. *European Journal of Ecology* 4:30-40.
- Lillo, F., F.P. Faraone & M. Lo Valvo. 2011. Can the introduction of *Xenopus laevis* affect native amphibian populations? Reduction of reproductive occurrence in presence of the invasive species. *Biological Invasions* 13:1533-1541.
- Londoño-Vélez, J. & P. Querubin. 2022. The impact of emergency cash assistance in a pandemic: Experimental evidence from Colombia. *Review of Economics and Statistics* 104:157-165.
- Lötters, S., A. Plewnia, A. Catenazzi, K. Neam, A.R. Acosta-Galvis, Y. Alarcon Vela, J.P. Allen, J.O. Alfaro Segundo, A. de Lourdes Almendáriz Cabezas, G. Alvarado Barboza, K.R. Alves-Silva, M. Anganoy-Criollo, E. Arbeláez Ortiz, J.D. Arpi Lozano, A. Arteaga, O. Ballesteros, D. Barrera Moscoso, J.D. Barros-Castañeda, A. Batista. ... & E. La Marca. 2023. Ongoing harlequin toad declines suggest the amphibian extinction crisis is still an emergency. *Communications Earth & Environment* 4:412-418.
- Lozano Suarez, T.E., E.D. Bonilla-Liberato, E.O. López-Delgado. 2024. ¿Cómo ha evolucionado el tráfico ilegal de fauna en el Tolima? Análisis multitemporal de una amenaza para la biodiversidad. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 48:94-108.
- 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, G.A., Fong, A. de Silva, A. Fouquet, A. Angulo, A. Kidov, A. Muñoz Saravia, A. Diesmos, A. Tominaga, B. Shrestha... & S.N. Stuart. 2023. Ongoing declines for the world's amphibians in the face of emerging threats. *Nature* 622:308-314.
- Maximo, I., R. Brandao, J. Ruggeri & L.F. Toledo. 2021. Amphibian illegal pet trade and a possible new case of an invasive exotic species in Brazil. *Herpetological Conservation and Biology* 16:303-312.
- Morcatty, T.Q. 2022. Wildlife Trade in Latin America: People, Economy and Conservation. Doctoral dissertation, Oxford Brookes University, Oxford, England.



- Mancera Rodríguez, N.J. & O. Reyes García. 2008. Comercio de fauna silvestre en Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 61:4618-4645.
- Measey, G.J., D. Rödder, S. Green, R. Kobayashi, F. Lillo, G. Lobos, R. Rebelo & J. Thirion. 2012. Ongoing invasions of the African clawed frog, *Xenopus laevis*: a global review. *Biological Invasions* 14:2255-2270.
- Mellor, D., E. Patterson-Kane & K.J. Stafford. 2009. *The Sciences of Animal Welfare*. John Wiley & Sons, New York, USA.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible-MADS. 2024. Resolución No. 0126 de 2024 (p. 69). Colombia.
- Moran, P.A.P. 1948. The interpretation of statistical maps. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B* 10:243-251
- Morcatty, T.Q., K. Feddema, K.A. Nekaris & V. Nijman. 2021. Online trade in wildlife and the lack of response to COVID-19. *Environmental research* 193:110439.
- Moreno, L.A., G.I. Andrade & L.F. Ruíz-Contreras (Eds.). 2016. *Biodiversidad 2016. Estado y Tendencias de la Biodiversidad Continental de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.
- Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A. Da Fonseca & J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.
- Patil, I. 2021. Visualizations with statistical details: The 'ggstatsplot' approach. *Journal of Open-Source Software* 6:3167.
- Phelps, J., D. Biggs & E.L. Webb. 2016. Tools and terms for understanding illegal wildlife trade. *Frontiers in Ecology and the Environment* 14 9:479-489.
- Pino Varón, J.A. & L.C. Piedrahita Hincapié. 2023. Tráfico ilegal de especies silvestres en Colombia: problemáticas emergentes y nuevas tendencias. *Universidad Libre* 1-32.
- Quimbayo, J.P., F.C. Silva, C.R. Barreto, C.B. Pavone, J.S. Lefcheck, K. Leite, A.C. Figueiroa, E.C. Correia & A.A. Flores. 2022. The COVID-19 pandemic has altered illegal fishing activities inside and outside a marine protected area. *Current Biology* 32:R765-R766.
- R Core Team 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Reuter, A., L. Kunen & S. Robertson. 2018. Tráfico de vida silvestre en Latinoamérica. Medidas para evitar una crisis. 22. WCS, New York, USA.
- Reyna Rojas, M.A., A. García Flores, E.E. Neri Castro, A. Alagón Cano & R. Monroy Martínez. 2015. Conocimiento etnoherpetológico de dos comunidades aledañas a la Reserva Estatal Sierra de Montenegro, Morelos, México. *Etnobiología* 13:37-48.
- Rush, E. R., E. Dale & A.A. Aguirre. 2021. Illegal wildlife trade and emerging infectious diseases: pervasive impacts to species, ecosystems and human health. *Animals* 11:1821.
- Schmeda-Hirschmann, G., C.V. Gomez, A. Rojas de Arias, A. Burgos-Edwards, J. Alfonso, M. Rolon, F. Brusquetti, F. Netto, F.A. Urra & C. Cárdenas. 2017. The Paraguayan *Rhinella* toad venom: Implications in the traditional medicine and proliferation of breast cancer cells. *Journal of Ethnopharmacology* 199:106-118.
- Siabato, W. & J. Guzmán-Manrique. 2019. La autocorrelación espacial y el desarrollo de la geografía cuantitativa. *Cuadernos de Geografía - Revista Colombiana de Geografía* 28:1-22.
- Sollund, R. 2017. The use and abuse of animals in wildlife trafficking in Colombia: Practices and injustice. *Environmental crime in Latin America: The theft of nature and the poisoning of the land*. Springer, New York, USA.
- Toledo, V.M. 2001. Indigenous peoples and biodiversity. *Encyclopedia of Biodiversity* 3:451-463.
- ‘t Sas-Rolfes, M., D.W. Challender, A. Hinsley, D. Veríssimo & E.J. Milner-Gulland. 2019. Illegal wildlife trade: Scale, processes, and governance. *Annual Review of Environment and Resources* 44:201-228.
- United Nations Office on Drugs and Crime-UNODC. 2016. *World Wildlife Crime Report. Trafficking in Protected Species*, USA.
- Urbina-Cardona J.N., P.A. Burrowes, M. Osorno, A.J. Crawford, J.A. Velasco, S.V. Flechas, F. Vargas-Salinas, V.F. Luna-Mora, C.A. Navas, M. Guayara-Barragán, G.W. Bolivar, P.D.A. Gutiérrez-Cárdenas & F. Castro-Herrera. 2011. Prioridades en la conservación de anfibios ante su crisis global: Hacia la construcción del Plan de Acción para la Conservación de los anfibios de Colombia



- en Botero E. & M. I. Moreno (Eds.), Creando un Clima para el Cambio: la Biodiversidad, Servicios para la Humanidad. III Congreso Colombiano de Zoología, Libro de memorias. Asociación Colombiana de Zoología. Medellín, Colombia.
- Valencia González, C. 2018. Fauna silvestre en Colombia: entre la ilegalidad y las oportunidades del comercio internacional en la CITES. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte* 55:128-145.
- Vargas-Herrera, H., J.J. Ospina & J.V. Romero. 2022. The COVID-19 shock and the monetary policy response in Colombia. *BIS Papers* chapters 122:79-114.
- Wickham, H. 2016. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer, New York, USA.



NEW DISTRIBUTIONAL RECORDS OF TREEFROGS (AMPHIBIA: HYLIDAE) FROM GUERRERO, MEXICO

NUEVOS REGISTROS DE DISTRIBUCIÓN DE RANAS ARBORÍCOLAS (AMPHIBIA: HYLIDAE) DE GUERRERO, MÉXICO

Ricardo Palacios-Aguilar^{1*}, F. Sebastian Palacios-Resendiz² & Eduardo Yesua Barrera-Nava³

¹Totlok A. C., Sinanche 174, 14240, Tlalpan, CDMX, Mexico.

²Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera”, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. A.P. 70399, 04510, Coyoacán, Ciudad de México, México.

³Área Académica de Biología, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, Mineral de la Reforma, México.

*Correspondence: rpalacios@ciencias.unam.mx

Received: 2024-10-31. Accepted: 2025-01-21. Published: 2025-05-05.

Editor: Ernesto Raya García, México.

Hylid frogs represent one of the most diverse and important biotical components of Mexican herpetofauna and contribute more species and endemism than any other anuran family in the country (Parra-Olea et al., 2014; Johnson et al., 2017). The southern state of Guerrero, harbors 25 hylid species, and seven of them are restricted to the region (Palacios-Aguilar & Flores-Villela, 2018; Kaplan et al., 2020; Bautista-del Moral et al., 2021). Here, we present new geographic records of three species of hylid treefrogs with restricted distributions in the state of Guerrero, Mexico.

The information presented herein is product of our fieldwork or shared by colleagues. Coordinates were taken by handheld GPS devices, distances between sites are expressed as airline kilometers, and map datum is WGS-84. Specimens are deposited at the herpetological collections of the University of Texas at Arlington (UTA A), Colección Nacional de Anfibios y Reptiles, (CNAR-IBH), or accessioned as photographic vouchers at the digital collection of the Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera”, Universidad Nacional Autónoma de México (MZFC-IMG).

Sarcohyla toyota (Toyota’s Treefrog).

This species of treefrog was initially reported as *Hyla thorectes* by Duellman (2001), based on specimens from the road to Puerto del Gallo, north of Atoyac, Guerrero. The species was subsequently included in the molecular phylogenetic tree of Faivovich et al. (2005) and recognized as an undescribed taxon related to *S. thorectes* until Grünwald et al. (2019) described it. Currently, the species is only known from a handful of specimens from the surroundings of the type locality.

On 30 June 2004, a specimen of *S. toyota* (UTA A-62031, Figure 1B) was obtained by Eric N. Smith at Municipality of Coyuca de Catalán, Carretera Vallecitos-El Durazno (17.79033° N, 101.09989° W), 1,886 m a.s.l. The specimen is an adult male, found calling on a leaf 2 m above the edge of a small stream. This record extends the known distribution 102.4 km WNW from the type locality at 11.4 km (by road) SW of Puerto del Gallo, Municipio de Atoyac de Álvarez, 2,020 m a.s.l. (Grünwald et al., 2019).

Sarcohyla chryses (Golden Treefrog).

This species was originally described from specimens obtained near Puerto Chico and El Asoleadero, two lumber camps located W of the city of Chilpancingo (Adler, 1965), and from Carrizal de Bravo, near the type locality (Mendelson & Toal, 1996). Despite being known from more than half a century, currently known localities and specimens have been obtained within a 10 km radius of the type locality (Mendelson & Toal, 1996; Kaplan et al., 2016).

On 11 May 2019 an adult specimen (MZFC-IMG 58, Fig. 1C) was found about 100 m inside a cave near El Calvario (17.45916° N, 99.50745° W), Municipio de Chilpancingo de los Bravo, 1,926 m a.s.l. No other specimens were found outside the cave, but several tadpoles we presume belong to the species were observed in a small pool inside the cave. The new locality extends the species range by 37.8 km E from the nearest published locality at 5.5 km SW Carrizal de Bravo, 2,523 m a.s.l. (Mendelson & Toal, 1996) and is the first outside of the surroundings of the type locality.

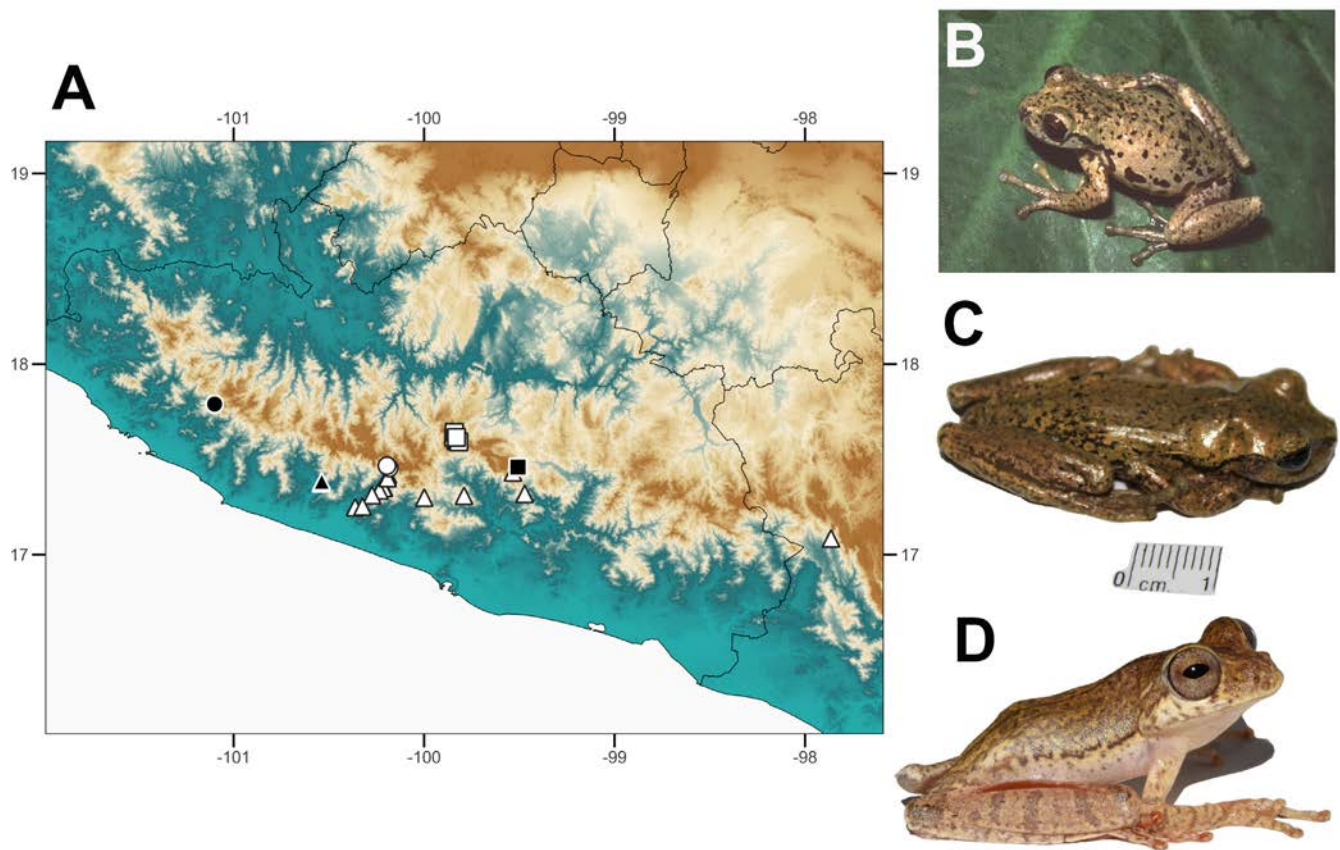


Figure 1. Geographic distribution (A) of the species mentioned in the text. Circles correspond to *Sarcohyla toyota* (B), squares to *S. chryses* (C), and triangles to *Charadrahyla pinorum* (D). White symbols represent previous known localities, black symbols correspond to the new records reported herein. Photos (B) Eric N. Smith, (C) Enrique Vázquez Arroyo, (D) F. Sebastian Palacios Resendiz.

Figura 1. Distribución geográfica (A) de las especies mencionadas en el texto. Los círculos corresponden a *Sarcohyla toyota* (B), cuadros a *S. chryses* (C) y triángulos a *Charadrahyla pinorum* (D). Los símbolos blancos representan localidades previamente conocidas, símbolos negros corresponden a los nuevos registros aquí reportados. Fotos: (B) Eric N. Smith, (C) Enrique Vázquez Arroyo, (D) F. Sebastian Palacios Resendiz.

***Charadrahyla pinorum* (Pine Wood Treefrog).**

This species was described from Agua de Obispo, a spring located next to the old Mexico-Acapulco highway in the ecotone between pine and tropical semievergreen forests (Taylor, 1937; Lips et al., 2004). It is distributed from several mid-elevation localities in the central portion of the Sierra Madre del Sur of Guerrero and a disjunct locality in extreme eastern Oaxaca (Duellman, 2001).

Six male specimens (CNAR-IBH 36397-401, Fig. 1D) were found calling on vegetation on the edge of a stream in a

tropical semideciduous forest patch surrounded by grassland on 26 December 2021 at El Ocotal, ejidal land of Rio Chiquito, municipality of Tecpan de Galeana (17.37624° N, 100.54104° W), 658 m a.s.l. and 1 km N on 27 December 2021 (17.38545° N, 100.53766° W; CNAR-IBH 36457). These are the westernmost recorded localities, extending its known distribution 23.5 km WNW from the nearest records at 1 km SW San Andrés de la Cruz (Duellman, 2001).

The checklist of Palacios-Aguilar & Flores-Villela (2018) set the elevation interval of the species (as *Exerodonta pinorum*) at

700–1820 m. This statement was based on the locality data of a specimen (UTA A-4113) collected by Jonathan A. Campbell on 22 May 1974 “WNW of Chilpancingo, 29.7 km W of Asoleadero (17.4867°N, -100.2430°W), 1820 m”. However, the correct locality information of this specimen is “8.6 mi (by road) N from San Vicente (17.352° N, 100.211°W), 842 m”. Duellman (2001) reported a specimen from “2 km N Mazatlán on Mexican Hwy. 95, then 13 km W (by dirt road) Sierra Madre del Sur” (MVZ 146861). Following this verbatim locality, the specimen apparently was secured near the town of El Tejocote, at 2,185 m a.s.l. (estimated coordinates at 17.4316° N, 99.5339° W). However, based on our field observation and collections at the zone and its surroundings, the presence of the species or suitable habitat for it seems unlikely. Thorough much of its distribution the species is associated with mid-elevations (650–1,400 m) and tropical semievergreen forest, or its ecotone with pine forest; whereas the habitat on the inner slopes of the Sierra at El Tejocote and the highlands west of the city of Chilpancingo harbor dry tropical deciduous forest, pine forest, or pine-oak forest. After a revision of museum specimens and fieldwork, we consider that the highest locality known for the species correspond to an uncatalogued specimen (RPA 1348) collected at Municipality of Chilpancingo de los Bravo, Arroyo bajo campamento La Cima, San Cristóbal (17.29921° N, 99.99928° W), 1,632 m a.s.l on 11 May 2024.

The knowledge on the distribution and diversity of hylid frogs in Guerrero has grown considerably in the last decade, owing to recent explorations, revision of specimens at scientific collections, or taxonomic treatments (e.g., Palacios-Aguilar et al., 2018; Grünwald et al., 2019; Kaplan et al., 2020; Bautista-del Moral et al., 2021; Vázquez-Arroyo et al., 2023). Most of these new records, as the ones reported herein, have been obtained in the highlands of the Sierra Madre del Sur. Given the role that highlands have played in the speciation processes of Neotropical amphibians (Rovito, 2017), it is to be expected that this trend will continue as previously under-sampled areas began to become accessible to researchers

Acknowledgements. – We would like to thank to Diana L. Fuentes de la Rosa for her help accessioning photographic vouchers at MZFC-IMG. Jonatan A. Campbell was extremely generous by sharing the photograph and data of *S. toyota*, and Eric N. Smith provided body measurements of it. Enrique Vázquez Arroyo kindly took and shared the photograph of *S. chryses*. Fieldwork was conducted under collecting permits issued by Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, División de Vida Silvestre with an extension to RPA.

LITERATURE CITED

- Adler, K.A. 1965. Three new frogs of the genus *Hyla* from the Sierra Madre de Sur of Mexico. Occasional Papers of the Museum of Zoology, University of Michigan 642:1-18.
- Bautista del Moral, A., R. Santos-Bibiano, T.E. Cruz-Machuca, C.M. Reyes-García & R. Palacios-Aguilar. 2021. New locality records of the Mixteca Cloud Forest Tree Frog (*Charadrahyla sakbah*) from Guerrero, Mexico. The Herpetological Bulletin 155:48-49.
- Duellman, W.E. 2001. Hylid Frogs of Middle America. Second Edition. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Contributions to Herpetology, No. 18. Ithaca, New York, USA.
- Faivovich, J., C.F.B. Haddad, P.C.A. Garcia, D.R. Frost, J.A. Campbell & W.C. Wheeler. 2005. Systematic review of the frog family Hylidae, with special reference to Hylineae: A phylogenetic analysis and taxonomic revision. Bulletin of the American Museum of Natural History 294:1-240.
- Grünwald, C.I., H. Franz-Chávez, K.I. Morales-Flores, I.T. Ahumada-Carrillo & J.M. Jones. 2019. A rare new treefrog of the genus *Sarcohyla* (Anura: Hylidae) from Guerrero, Mexico. Zootaxa 4712:345-364.
- Johnson, J.D., L.D. Wilson, V. Mata-Silva, E. García-Padilla & D.L. DeSantis. 2017. The endemic herpetofauna of Mexico: organisms of global significance in severe peril. Mesoamerican Herpetology 4:544-620.
- Kaplan, M., P. Heimes & R. Aguilar. 2020. A new species of *Sarcohyla* (Anura: Hylidae: Hyline) from the Sierra Madre del Sur of Guerrero and Estado de México, México. Zootaxa 4743:382-390.
- Kaplan, M., P. Heimes, E. Zarza & J. McCormack. 2016. On the morphology of *Plectrohyla chryses* (Anura: Hylidae: Hyline), with comments on some controversial characters, phylogenetic relationships, and diagnosis of this species. Caldasia 38:257-273.
- Lips, K.R., J.R. Mendelson III, A. Muñoz-Alonso, L. Canseco-Márquez & D.G. Mulcahy. 2004. Amphibian population declines in montane southern Mexico: resurveys of historical localities. Biological Conservation 119:555-564.
- Mendelson III, J.R. & K.R. Toal III. 1996. A new species of *Hyla* (Anura: Hylidae) from the Sierra Madre del Sur of Oaxaca,

- Mexico, with comments on *Hyla chryses* and *Hyla mykter*. Journal of Herpetology 30:326-333.
- Palacios-Aguilar, R. & O. Flores-Villela. 2018. An updated checklist of the herpetofauna from Guerrero, Mexico. Zootaxa 4422:1-24.
- Palacios-Aguilar, R., A.E. Jiménez-Martínez & O.A. Flores-Villela. 2018. Primeros registros de *Exerodonta smaragdina* (Amphibia: Hylidae) en Guerrero, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 89:306-309.
- Parra-Olea, G., O. Flores-Villela & C. Mendoza-Almeralla. 2014. Biodiversidad de anfibios en México. Revista Mexicana de Biodiversidad Suplemento 85:S460-S466.
- Rovito, S.M. 2017. The geography of speciation in Neotropical salamanders. Herpetologica 73:229-241.
- Taylor, E.H. 1937. New species of hylid frogs from Mexico with comments on the rare *Hyla bistincta* Cope. Proceedings of the Biological Society of Washington 50:43-54.
- Vázquez-Arroyo, E., R. Santos-Bibiano & R. Palacios-Aguilar. 2023. New localities of the Morelet's Leaf Frog (*Agalychnis moreletii*) from Guerrero, Mexico. Revista Latinoamericana de Herpetología 6:17-20.



FIRST RECORD OF A PREDATION EVENT ON A COMMON HOUSE GECKO *HEMIDACTYLUS FRENATUS* (SQUAMATA: GEKKONIDAE) BY A MILK FROG *TRACHYCEPHALUS TYPHONIUS* (ANURA: HYLIDAE) IN AN URBAN AREA

PRIMER REGISTRO DE DEPREDACIÓN DE UN GECKO CASERO COMÚN *HEMIDACTYLUS FRENATUS* (SQUAMATA: GEKKONIDAE) POR UNA RANA LECHERA *TRACHYCEPHALUS TYPHONIUS* (ANURA: HYLIDAE) EN ZONA URBANA

José Rogelio Cedeño-Vázquez^{1*} & Erandi Cedeño-Zacarías²

¹El Colegio de la Frontera Sur Unidad Chetumal. Departamento de Sistemática y Ecología Acuática. Av. Centenario km 5.5, 77014 Chetumal, Quintana Roo, México.

²Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Chetumal. Av. Insurgentes 330, Col. David Gustavo Gutiérrez, 77013 Chetumal, Quintana Roo, México.

*Correspondence: rogeliocedeno@gmail.com

Received: 2024-10-14. Accepted: 2025-01-20. Published: 2025-05-05.

Editor: Adriana Manzano, Argentina.

Resumen.— La dieta de la rana lechera (*Trachycephalus typhonius*) consiste principalmente de artrópodos terrestres, aunque hay algunas observaciones que involucran pequeños vertebrados como ranas, lagartijas y murciélgos. Reportamos el primer registro de un evento de depredación de *T. typhonius* sobre un gecko casero común (*Hemidactylus frenatus*) en una zona urbana. La observación ocurrió en la cochera de una vivienda en la ciudad de Chetumal, Quintana Roo, México.

Palabras clave.— Ambiente antropizado, Chetumal, dieta, lagartijas introducidas, México, Quintana Roo, ranas arborícolas.

Abstract.— The diet of the milk frog (*Trachycephalus typhonius*) consists mainly of terrestrial arthropods, although there are some observations involving small vertebrates such as frogs, lizards and bats. We report the first record of a predation event of *T. typhonius* on a common house gecko (*Hemidactylus frenatus*) in an urban area. The observation took place in the garage of a house in the city of Chetumal, Quintana Roo, Mexico.

Keywords.— Anthropized environment, Chetumal, diet, introduced lizards, Mexico, Quintana Roo, tree frogs.

Trachycephalus typhonius, the milk frog, is widely distributed in the lowlands of the Neotropical region, from Mexico southward to northern Argentina (Savage, 2002; AmphibiaWeb, 2024). In Mexico, it inhabits the Pacific Ocean slope from southern Sinaloa to Chiapas, and the Gulf of Mexico slope from central Tamaulipas to the Yucatán Peninsula (AmphibiaWeb, 2024; Marín & Mora, 2022). This species is catalogued as Least Concern (LC) in The International Union for Conservation of Nature's Red List of the Threatened Species (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2023).

The milk frog is considered a generalist and opportunistic nocturnal predator, which allows it to occupy natural and human-disturbed environments, including urban areas (Mineros-

Ramírez, 2016). It feeds mostly on terrestrial arthropods (Lee, 1996; Mineros-Ramírez, 2016) but small vertebrates such as anurans (Dundee & Liner, 1985; Campbell, 1998; Loebmann, 2013), lizards (Marín & Mora, 2022) and bats (Strüssmann & Sazima, 1991) have also been recorded as prey items.

Hemidactylus frenatus, the common house gecko, is a lizard native to Asia and the Indo-Pacific region but due to introductions by human means outside of its natural range, currently it is established in at least 87 locations around the world, including Mexico, where it inhabits both natural and disturbed environments (Díaz-Gamboa et al., 2020; Global Invasive Species Database, 2024). Like the milk frog, this gecko is a mainly nocturnal opportunistic hunter, it preys on a wide range of insects and spiders (Global Invasive Species Database, 2024). Both species are commonly found foraging on building walls near artificial lighting (Lee, 1996; Díaz-Gamboa et al., 2020;



Figure 1. *Trachycephalus typhonius* y *Hemidactylus frenatus* forrajeando en el exterior de una casa habitación en Bacalar, Quintana Roo, México. Observación realizada el 20 de octubre de 2024 a las 19:24 h. Foto: José Rogelio Cedeño-Vázquez.

Figure 1. *Trachycephalus typhonius* and *Hemidactylus frenatus* foraging outside a house in Bacalar, Quintana Roo, Mexico. Observation made on 20th October 2024 at 19:24 h. Photo: José Rogelio Cedeño-Vázquez.

Global Invasive Species Database, 2024; personal observation, Fig. 1), which allows them to interact more easily in urban areas. Herein, we report the first record of a predation event of *T. typhonius* on *H. frenatus* in an urban area of the Mexican Caribbean.

On September 27th, 2024 at 22:48 h an adult milk frog was observed feeding on a common house gecko. At the moment of the finding only the toe tips of the left rear limb and part of the gecko's tail was visible out of the frog's mouth (Fig. 2). The event occurred in a garage at a residence of Chetumal, Quintana Roo, Mexico (18.50002° N, 88.32579° W; 10 m a.s.l.). The frog consumed the gecko on a wood column at 1.69 m above the ground, close to a lamp located above the predation scene.

A previous record of a predation event of *T. typhonius* on *H. frenatus* was documented in a house wall located in a grassland area with scattered trees, near to a mangrove swamp at Bajamar, Puntarenas, Costa Rica on the Pacific Ocean slope (Marín & Mora, 2022). To the best of our knowledge, our observation is the first to occur in an urban area on the Caribbean coast of Mexico. This report confirms that this predatory relationship is common, particularly in human housing situations (Marín & Mora, 2022).

This observation contributes to a better understanding of herpetofaunal interactions in the trophic webs of the Yucatán Peninsula (Carbajal-Márquez et al., 2019). Predator-prey interaction may play an important role in the population control of introduced exotic species as in the case of the common house gecko, which constitutes the main food source for the Yucatecan cantil (*Agkistrodon russeolus*) on the northern coast of Yucatán (Ortiz-Medina et al., 2022). Regarding ecological impacts, it's

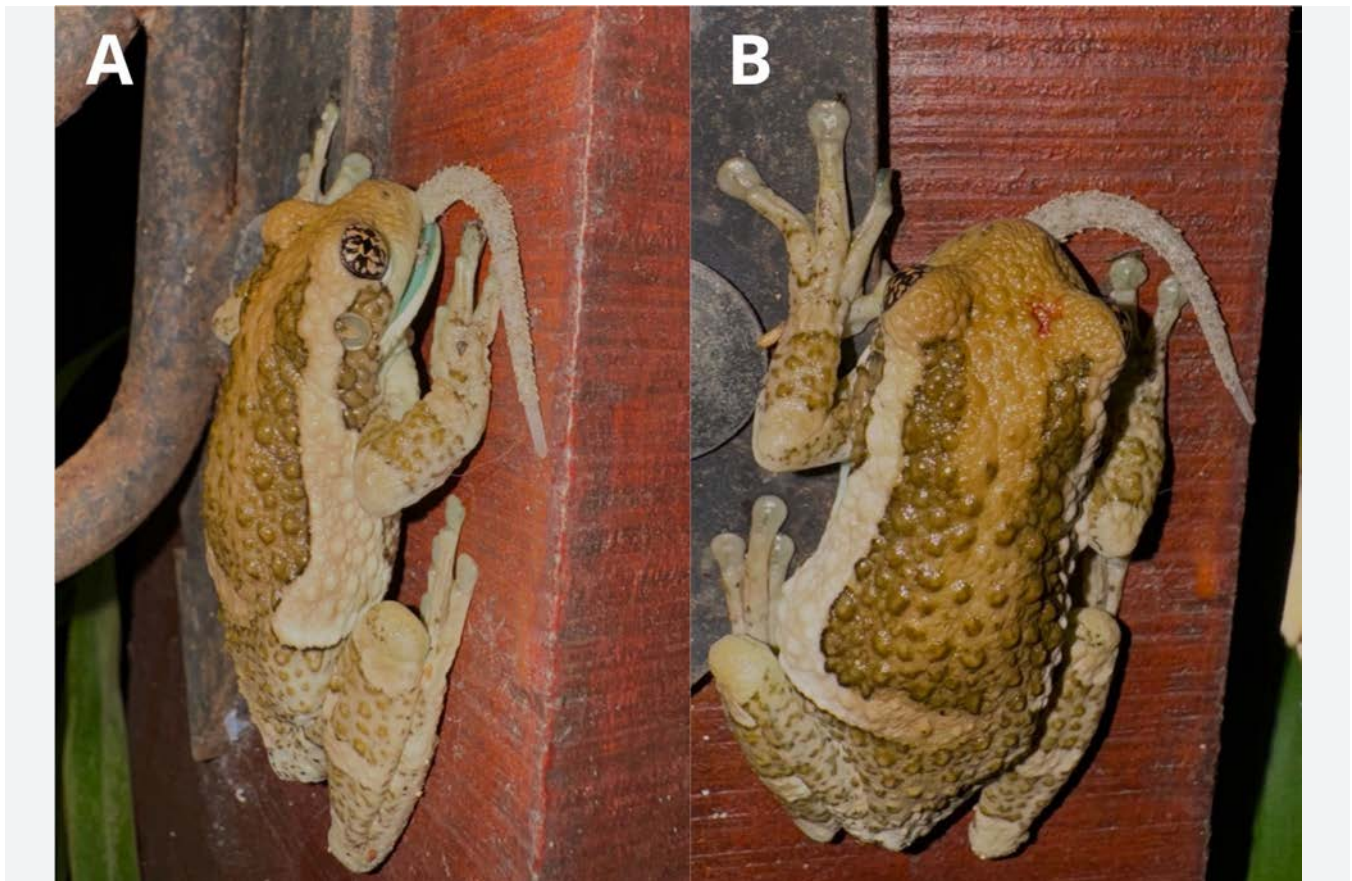


Figura 2. Vistas lateral (A) y dorsal (B) de una rana lechera adulto (*Trachycephalus typhonius*), alimentándose de un gecko casero común (*Hemidactylus frenatus*) en la cochera de una vivienda de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo, México. Fotos: José Rogelio Cedeño-Vázquez.

Figure 2. Lateral (A) and dorsal (B) views of an adult milk frog (*Trachycephalus typhonius*), feeding on a common house gecko (*Hemidactylus frenatus*) in the garage at a house in the city of Chetumal, Quintana Roo, Mexico. Photos: José Rogelio Cedeño-Vázquez.

known that the replacement of locally native gecko species by *H. frenatus*, is more pronounced in urban contexts (Global Invasive Species Database, 2024).

Acknowledgments.– We thank Gabriela Zacarías de León for editing the figure 2.

LITERATURE CITED

- AmphibiaWeb. 2024. <<https://amphibiaweb.org>> University of California, Berkeley, CA, USA. [Accessed on 07 October 2024].
- Campbell, J.A. 1998. Amphibians and Reptiles of Northern Guatemala, the Yucatán, and Belize (Vol. 4 in the Animal Natural History Series). University of Oklahoma Press, Norman, Oklahoma, USA.
- Carbajal-Márquez, R.A., C.M. García-Balderas, T. Ramírez-Valverde, J.R. Cedeño-Vázquez & N.G. Blanco-Campos. 2019. New prey items in the diet of snakes from the Yucatán Peninsula, Mexico. *Cuadernos de Herpetología* 33:71-74.
- Díaz-Gamboa, L., D. May-Herrera, A. Gallardo-Torres, R. Cedeño-Vázquez, V. González-Sánchez, X. Chiappa-Carrara & C. Yañes-Arenas. 2020. Catálogo de Reptiles de la Península de Yucatán. Universidad Nacional Autónoma de México, Mérida, Yucatán, México.
- Dundee, H.A. & E.A. Liner. 1985. *Phrynohyas venulosa* (Veined treefrog). *Food. Herpetological Review* 16:109.
- Global Invasive Species Database. 2024. Species profile *Hemidactylus frenatus*. Available from: <https://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=1344> [Accessed on 09 October 2024]
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2023. *Trachycephalus typhonius*. The IUCN Red List of Threatened Species 2023: e.T146963555A53959627. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2023-1.RLTS.T146963555A53959627.en> [Accessed on 08 October 2024]
- Lee, J.C. 1996. The Amphibians and Reptiles of the Yucatán Peninsula, Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- Loebmann, D. 2013. A record of *Trachycephalus typhonius* (Linnaeus, 1758) preying upon *Dendropsophus soaresi* (Caramaschi and Jim, 1983) (Anura, Hylidae). *Herpetology Notes* 6:275-276.
- Marín, P. & J.M. Mora. 2022. 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.
- Mineros-Ramírez, R. 2016. Talla, condición corporal y complejidad trófica de *Trachycephalus typhonius* en un paisaje fragmentado en el sur de Quintana Roo, México. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur. Chetumal, Quintana Roo, México.
- Ortiz-Medina, J.A., J.R. Cedeño-Vázquez, D. González-Solís & V. Mata-Silva. (2022). Intraspecific variation in diet composition and morphology of Yucatecan Cantils (*Agkistrodon russeolus* Gloyd 1972 [Serpentes: Viperidae]). *Herpetologica* 78:244-252.
- 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.
- Strüssmann, C. & I. Sazima. 1991. *Phrynohyas hebes* life history notes. *Herpetological Review* 22:97-97.



UN NUEVO REGISTRO DE *ELEUTHERODACTYLUS PLANIROSTRIS* (COPE, 1862) (ANURA, ELEUTHERODACTYLIDAE) EN PANAMÁ

A NEW RECORD OF *ELEUTHERODACTYLUS PLANIROSTRIS* (COPE, 1862) (ANURA, ELEUTHERODACTYLIDAE) IN PANAMA

Manuel Walter-Conrado^{1,2*}, Nelson Guevara-Alvarado³ & Ángel Sosa-Bartuano⁴

¹Asociación Biológica de Panamá ABIOPA, Colón, Panamá.

²Grupo de Investigación Carlos Linneo BIOXPA, Universidad de Panamá, Panamá.

³Fundación Biomundi, Panamá, Panamá.

⁴Museo de Vertebrados de la Universidad de Panamá, Campus Octavio Méndez Pereira, Universidad de Panamá, Ciudad de Panamá, Panamá.

*Correspondence: manuelwalter2022@gmail.com

Received: 2024-05-24. Accepted: 2025-08-29. Published: 2025-05-09.

Editor: Jenny Urbina, Colombia.

Una especie introducida es aquella que se establece y dispersa en ecosistemas o hábitats, tanto naturales como seminaturales, siendo agentes de cambio e impactando dramáticamente el ambiente, la economía y la salud pública (Gutiérrez et al., 2012). La disminución en la abundancia y diversidad de especies residentes en sitios invadidos y cambios en los ciclos de nutrientes son algunos ejemplos de cómo las especies invasoras pueden modificar la biodiversidad (Vilà et al., 2011) y el funcionamiento de los ecosistemas (Pejchar & Mooney, 2009). Clavero & García-Berthou (2005) consideran que las especies invasoras constituyen la primera causa de pérdida de biodiversidad. Sostienen este argumento, luego de analizar las extinciones incluidas en la Lista Roja de UICN. De las 680 especies de animales extintas, determinaron las causas de extinción de 170 (25 %), de las cuales 91 (54 %) incluyeron los efectos de especies invasoras. Para 34 casos (20 %), las especies invasoras fueron la única causa citada. Mientras otros proponen las especies invasoras en segundo lugar como causa de la pérdida de biodiversidad, después de la destrucción del hábitat (Glowka et al., 1996; Vitousek et al., 1997; Walter & Steffen, 1997).

Eleutherodactylus planirostris (Cope, 1862) es nativa de Bahamas, Cuba e Islas Caimán, con poblaciones introducidas en Estados Unidos (incluyendo Hawaii), Hong Kong, Guam, Filipinas, Jamaica, México, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica y Panamá (Schwartz, 1974; Kraus et al., 1999; McCraine et al., 2008; Olson et al., 2012, 2014; Crawford et al., 2011; McCraine & Gutsche, 2014; Villa, 2015; Barquero & Araya, 2016; Lee et al., 2016; Antúñez-Fonseca et al., 2021). En Panamá, *E. planirostris* solo ha sido registrada formalmente en la provincia de Panamá

(Crawford et al., 2011). En este trabajo presentamos el primer registro de la especie en la provincia de Colón, Panamá.

El 13 de diciembre de 2022 en la urbanización Altos del Atlántico, provincia de Colón, Panamá (9.33° N, 79.87° W [datum WGS84] 11 m s.n.m.) el primer autor encontró en un área residencial bajo una alfombra de grama artificial un macho adulto de *E. planirostris* a las 15:00 h (Fig. 1). El espécimen fue depositado en la Colección Zoológica Dr. Eustorgio Méndez del Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud (número de catálogo: COZEM-ANF 0712). Se obtuvo las siguientes medidas: longitud hocico cloaca = 15 mm, ancho de la cabeza = 5 mm y largo de la cabeza = 5 mm. Se elaboró un mapa actualizado de localidades para *E. planirostris* en Centroamérica con las coordenadas geográficas de los registros en la literatura y este trabajo (Tabla 1, Fig. 2). Este es el primer registro de *E. planirostris*, en la vertiente Caribe de Panamá, provincia de Colón, extendiendo su distribución a aproximadamente 54 km al noreste en línea recta del Cerro Ancón, provincia de Panamá, donde fue reportada por primera vez (Crawford et al., 2011).

Las características morfológicas y de coloración coinciden con la descripción propuesta por Díaz & Cádiz (2008). El espécimen presenta un patrón de manchas irregulares en todo el cuerpo. En ocasiones, las especies invasoras son difíciles de identificar utilizando solo la morfología tradicional y, a menudo, no existe material de referencia para comparar. Por esta razón, recomendamos a futuro la aplicación de taxonomía integradora e incluir caracteres moleculares y bioacústicos.

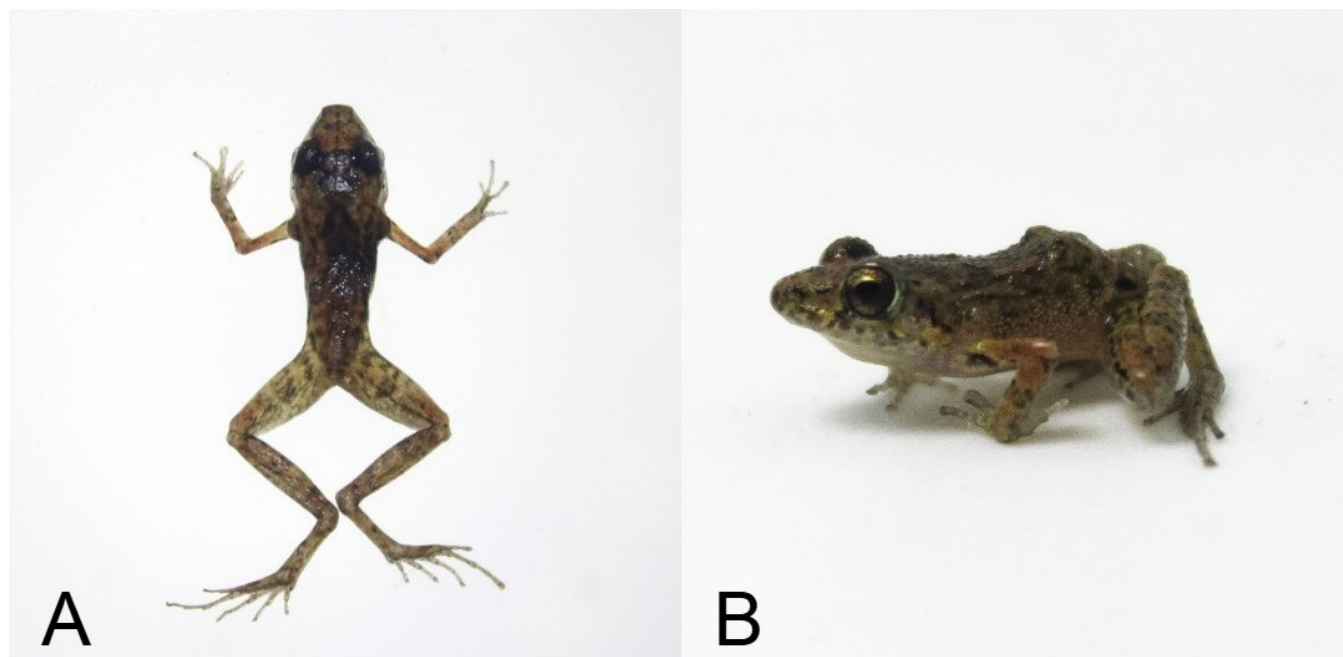


Figure 1. Male *Eleutherodactylus planirostris*: A) dorsal view, B) lateral view. Photos: Manuel Walter Conrado

Figura 1. Macho de *Eleutherodactylus planirostris*: A) vista dorsal, B) vista lateral. Fotos: Manuel Walter Conrado.

Table 1. Records of *Eleutherodactylus planirostris* in the literature for Central America, including the new record in Panama. Coordinates in decimal degrees, Datum WGS84. Elevation in meters above sea levels.

Tabla 1. Registros de *Eleutherodactylus planirostris* en la literatura para Centroamérica, incluyendo el nuevo registro en Panamá. Coordenadas en grados decimales, Datum WGS84. Elevación en metros sobre el nivel del mar.

País	Provincia/ Departamento	Latitud	Longitud	Elevación	Referencia
Honduras	Cortés	15.32	88	100	McCranie et al., 2008
Honduras	Islas de la Bahía	16.48	85.85	15	McCranie & Valdés-Orellana, 2014
Honduras	Islas de la Bahía	16.46	85.85	2	McCranie & Valdés-Orellana, 2014
Honduras	Atlántida	15.77	87.21	27	Solís et al., 2014
Honduras	Francisco Morazán	14.1	87.18	974	Solís et al., 2014
Honduras	La Paz	14.32	87.67	650	McCranie & Gutsche, 2014
Honduras	Yoro	15.39	87.79	62	Herrera-B et al., 2017
Honduras	Santa Bárbara	14.91	88.23	251	Herrera-B et al., 2017
Honduras	Cortés	15.54	87.02	80	Herrera-B et al., 2017
Honduras	Copán	14.55	88.82	1,274	Antúñez-Fonseca et al., 2021
Honduras	Lempira	14.57	88.61	1,019	Antúñez-Fonseca et al., 2021
Honduras	Atlántida	15.7	86.91	42	Antúñez-Fonseca et al., 2021
Honduras	Comayagua	14.45	87.63	586	Antúñez-Fonseca et al., 2021
El Salvador	San Salvador	13.7	89.16	616	Antúñez-Fonseca et al., 2021

Table 1 (Cont.). Records of *Eleutherodactylus planirostris* in the literature for Central America, including the new record in Panama. Coordinates in decimal degrees, Datum WGS84. Elevation in meters above sea levels.

Tabla 1 (Cont.). Registros de *Eleutherodactylus planirostris* en la literatura para Centroamérica, incluyendo el nuevo registro en Panamá. Coordenadas en grados decimales, Datum WGS84. Elevación en metros sobre el nivel del mar.

País	Provincia/ Departamento	Latitud	Longitud	Elevación	Referencia
El Salvador	San Salvador	13.69	89.22	735	Antúñez-Fonseca et al., 2021
El Salvador	La Libertad	13.67	89.28	930	Antúñez-Fonseca et al., 2021
Nicaragua	Región Autónoma de la Costa Caribe Norte	14.38	82.76	2	Villa, 2015
Costa Rica	Limón	9.98	83.05	32	Barquero & Araya, 2016
Panamá	Panamá	8.95	79.55	71	Crawford et al., 2011
Panamá	Colón	9.33	79.87	11	Este trabajo

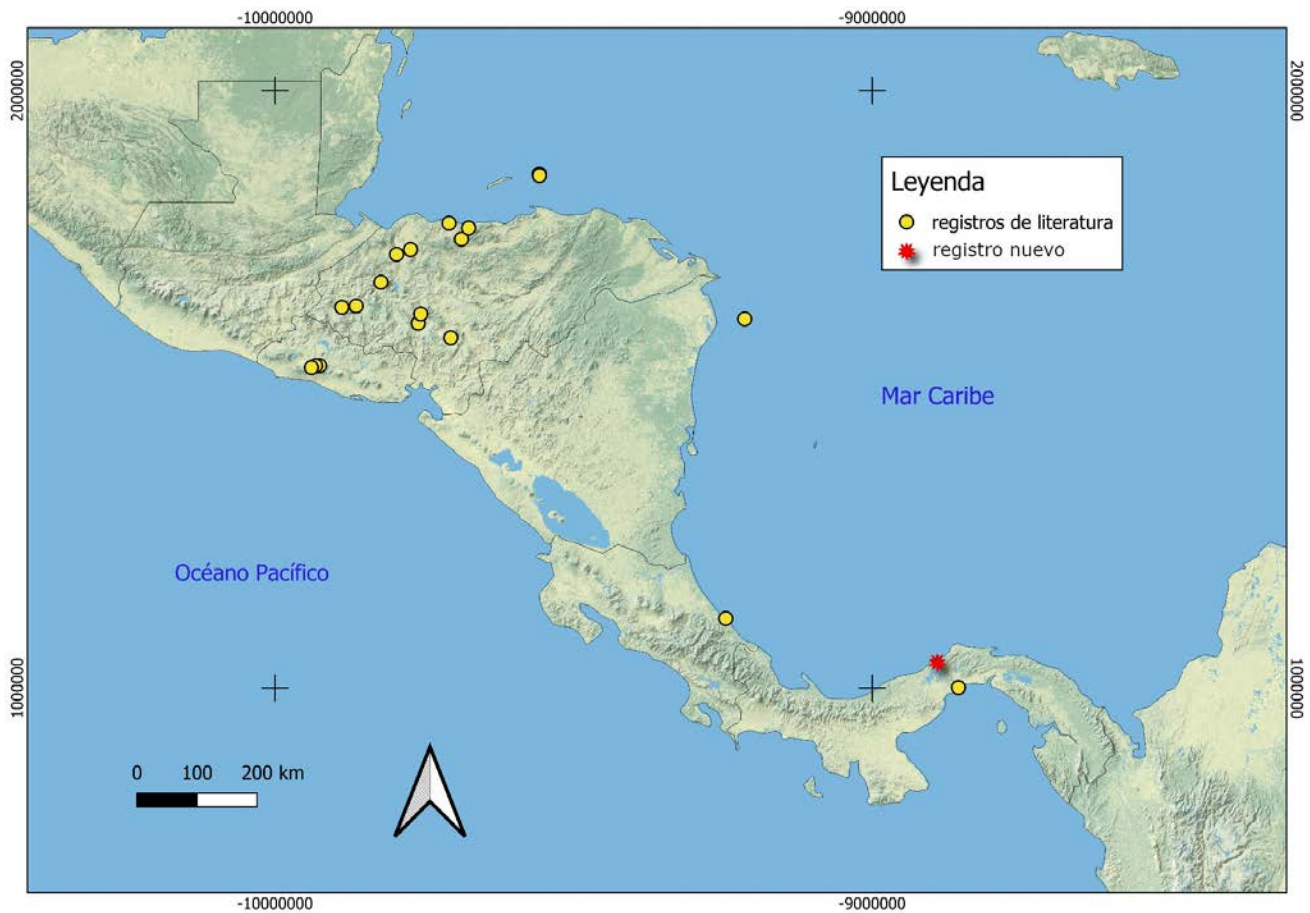


Figure 2. Reports of *Eleutherodactylus planirostris* in Central America. Yellow circles represent literature reports, while the red star denotes the new record in Panama.
Figura 2. Reportes de *Eleutherodactylus planirostris* en Centroamérica. En círculos amarillos, los registros de la literatura y en la estrella roja el nuevo reporte en Panamá.



La hipótesis planteada por Antúñez-Fonseca et al. (2021) sobre el transporte de material vegetal como principal mecanismo de dispersión de *E. planirostris* dentro de Honduras puede aplicarse en Panamá. Este planteamiento es apoyado por observaciones de Ángel Sosa-Bartuano en Panamá entre 2016 y 2020. En 2016, se escuchó el canto de esta especie y se capturó un individuo en los jardines de la urbanización Quarry Heights en Cerro Ancón, localidad donde se registró por primera vez en Panamá. En 2020 se registró la especie vocalizando en jardines de locales en Vía Argentina, corregimiento de Bella Vista, entre las 5:30 y 6:00 h. Además, se encontró un individuo en una maceta procedente de un vivero del área de Albrook (<https://www.inaturalist.org/observations/55991602>), lo que sugiere que el transporte de plantas y material de viveros contribuye a la dispersión de esta especie en Panamá, incluyendo la provincia de Colón.

Agradecimientos.— Al profesor Alfredo Lanuza-Garay (Universidad de Panamá-CRUC Colón) por sus consejos para la realización del manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Antúñez-Fonseca, C., C. Juárez-Peña, Á. Sosa-Bartuano, R. Alvarado-Larios, L. Sánchez-Trejo & H. Vega-Rodríguez. 2021. First Records in El Salvador and New Distribution Records in Honduras for *Eleutherodactylus planirostris* Cope, 1862 (Anura, Eleutherodactylidae), with Comments on its Dispersal and Natural History. *Caribbean Journal of Science* 51:37-43.
- Barquero, M.D. & M.F. Araya. 2016. First record of the Greenhouse frog, *Eleutherodactylus planirostris* (Anura: Eleutherodactylidae), in Costa Rica. *Herpetology Notes* 9:145-147.
- Clavero, M. & E. García-Berthou. 2005. Invasive species are a leading cause of animal extinctions. *Trends in Ecology & Evolution* 20:110.
- Crawford, A.J., R. Alonso, C.A. Jaramillo, S. Sucre, & R. Ibáñez. 2011. DNA barcoding identifies a third invasive species of *Eleutherodactylus* (Anura: Eleutherodactylidae) in Panama City, Panama. *Zootaxa* 2890:65-67.
- Díaz, L.M. & A. Cádiz. 2008. Guía taxonómica de los anfibios de Cuba. *Abc Taxa* (La Habana) 4:1-46.
- Glowka, L., F. Burhenne-Guilmin & H. Synge. 1996. Guía del convenio sobre la diversidad biológica. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido.
- Gutiérrez, F.D.P., C.A. Lasso, M.P. Baptiste, P. Duarte-Sánchez & A.M. Díaz. 2012. VI. Catálogo de la biodiversidad acuática exótica y trasplantada en Colombia: moluscos, crustáceos, peces, anfibios, reptiles y aves. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, Colombia.
- Herrera-B, L., D. Mencia-Baíde & J.A. Vindel. 2017. *Eleutherodactylus planirostris* (Cope, 1862) (Anura: Eleutherodactylidae), additional and new departmental records for Honduras. *Me-soamerican Herpetology* 4:944-945.
- Kraus, F., E.W. Campbell, A. Allison & T. Pratt. 1999. *Eleutherodactylus* frog introductions to Hawaii. *Herpetological Review* 30:21-25.
- Lee, W.H., M.W.N. Lau, A. Lau, D.Q. Rao & Y.H. Sung. 2016. Introduction of *Eleutherodactylus planirostris* (Amphibia, Anura, Eleutherodactylidae) to Hong Kong. *Acta Herpetologica* 11:85-89.
- McCranie, J.R., J.R. Collart, F.E. Castañeda & J.M. Solís. 2008. Geographic distribution. *Eleutherodactylus (Euhyas) planirostris* (Greenhouse Frog). *Herpetological Review* 39:362-363.
- McCranie, J.R. & A. Gutsche. 2014. Geographic Distribution. *Eleutherodactylus (Euhyas) planirostris* (Greenhouse Frog). *Herpetological Review* 45:653.
- McCranie, J.R. & L. Valdés-Orellana. 2014. New island records and updated nomenclature of amphibians and reptiles from the Islas de la Bahía, Honduras. *Herpetology Notes* 7:41-49.
- Olson, C.A., K.H. Beard & W.C. Pitt. 2012. Biology and impacts of Pacific Island invasive species. 8. *Eleutherodactylus planirostris*, the Greenhouse frog (Anura: Eleutherodactylidae). *Pacific Science* 66:255-270.
- Olson, C.A., A.C. Diesmos & K.H. Beard. 2014. Geographic distribution: *Eleutherodactylus planirostris*. *Herpetological Review* 45:652-653.
- Pejchar, L. & H.A. Mooney. 2009. Invasive species, ecosystem services and human well-being. *Trends in Ecology & Evolution* 24:497-504.
- Schwartz, A. 1974. *Eleutherodactylus planirostris* (Cope, 1862). *Catalogue of American Amphibians and Reptiles* 154:1-4.
- Solís, J.M., J.D. Lainez & M.B. Salmeron. 2014. Distribution note: *Eleutherodactylus planirostris* (Cope, 1862). *Mesoamerican Herpetology* 1:292.

- Vilà, M., J.L. Espinar, M. Hejda, P.E. Hulme, V. Jarošík, J.L. Maron, J. Pergl, U. Schaffner, Y. Sun & P. Pyšek. 2011. Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. *Ecology Letters* 14:702-708.
- Villa, J. 2015. Las ranitas de Cayos Miskitos. *Revista de Temas Nicaragüenses* 89:6-22.
- Vitousek, P.M., H.A. Mooney, J. Lubchenco & J.M. Melillo. 1997. Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277:494-499.
- Walker, B. & W. Steffen. 1997. An overview of the implications of global change for natural and managed terrestrial ecosystems. *Conservation Ecology* 1:2.



PSEUDOEURYCEA JAGUAR (PLETHODONTIDAE)

Rafael Peralta Hernández^{1*}

¹Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Coyoacán, México, D. F., México.

*Correspondence: phraf44@gmail.com

Received: 2025-01-13. Accepted: 2025-02-03. Published: 2025-05-12.

Editor: Sean Rovito, México.

Pseudoeurycea jaguar is a relatively large salamander that inhabits pine-oak forest, cloud forest and coniferous forest between 2,181–2,775 m a.s.l. in the states of Veracruz and Puebla (Peralta-Hernández, 2023; Peralta Hernández et al., 2024). It is primarily arboreal but can also be found in caves or on the ground (Cázares-Hernández et al., 2022; Peralta-Hernández, 2023). Here I report a new locality of the species, as well as the highest elevational record known.

México: Puebla: Municipality of Ajalpan: Cuabcapula (18.41783° N, 96.99352° W; WGS 84, 2,433 m a.s.l.), 16 June 2024. An individual (Fig. 1A; MZFC-HE-IMG221) was found on a cloudy day at 12:20 h under the bark of a fallen log in a site with disturbed pine-oak forest. First record for municipality of Ajalpan and second for the state of Puebla, located ca. 14.8 km

northwest (by air) from the closest previously known record from Cerro Tsitsintepetl, Municipality of Coyomeapan, Puebla (Peralta-Hernández et al., 2024). Additionally, I found another specimen (Fig. 1B; MZFC-HE-IMG222) on Cerro Tiststintepetl, Coyomeapan, Puebla (18.28831° N, 96.92123° W; WGS 84, 2,890 m a.s.l.) on 1 November 2024 at 12:15 h under a fallen log, exceeding the previously reported upper elevation for the species by 115 m (Peralta-Hernández et al., 2024). Another record in Puebla appears in iNaturalist (<https://www.inaturalist.org/observations/15374702>), however, because its precise location is not available and because it is found at a lower elevation (about 600 m below) than that where *P. jaguar* has been reported, it was not taken into account as the previous state record or as the closest record.



Figure 1. Especímenes de *Pseudoeurycea jaguar* reportados aquí para localidades en Puebla: (A) Especímen observado en Cuabcapula, Ajalpan, Puebla, (B) Especímen observado en Cerro Tsitsintepetl, Coyomeapan, Puebla. Foto: Rafael Peralta Hernández.

Figura 1. Specimens of *Pseudoeurycea jaguar* reported here for localities in Puebla: (A) Specimen observed in Cuabcapula, Ajalpan, Puebla, (B) Specimen observed in Cerro Tsitsintepetl, Coyomeapan, Puebla. Photo: Rafael Peralta Hernández.

Identification was based on dorsal coloration with irregular yellow specks on a dark brown, almost black background, large body and the presence of long limbs and wide feet, which is consistent with the original description (Cázares-Hernández et al., 2022). The specimens were photographed and a photo of each one was deposited in the herpetological collection of the Museo de Zoología Alfonso L. Herrera, Facultad de ciencias, UNAM. The identity of the specimens was corroborated by Sean Rovito.

Acknowledgements.– I thank Sean Rovito for verifying the identity of the specimens and Gustavo Campillo García for cataloging the photographs (Fig. 1A-B) in the herpetological collection of the Museo de Zoología Alfonso L. Herrera, UNAM.

LITERATURE CITED

- Cázares-Hernández, E., H.D. Jimeno-Sevilla, S.M. Rovito, M.A. López-Luna & L. Canseco-Márquez. 2022. A new arboreal *Pseudoeurycea* (Caudata: Plethodontidae) from the Sierra de Zongolica, Veracruz, Mexico. *Vertebrate Zoology* 72:937-950.
- Peralta-Hernández, R. 2023. New data on occurrence, ecology and color variation of *Pseudoeurycea jaguar* (Caudata: Plethodontidae), an endemic salamander from Mexico. *Phyllomedusa* 22:43-47.
- Peralta-Hernández, R., S. Monasterio-Hernández, M.G. García-Castillo & G. Parra-Olea. 2024. First records of occurrence and predation of *Pseudoeurycea jaguar* (Caudata: Plethodontidae) in the state of Puebla, Mexico. *North-Western Journal of Zoology* 20:e247503.



EPIDEMIOLOGÍA DE LAS MORDEDURAS POR SERPIENTE Y DISTRIBUCIÓN DE FABOTERÁPICOS EN AGUASCALIENTES, MÉXICO

EPIDEMIOLOGY OF SNAKE BITES AND DISTRIBUTION OF FABOTHERAPICS IN AGUASCALIENTES, MÉXICO

Karla Cruz-Ramírez^{1*}, J. Jesús Sigala-Rodríguez¹, Roni Fernando Gómez-Martínez² & Iván Villalobos-Juárez³

¹Colección Zoológica, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Universidad 940, edificio 132, Ciudad Universitaria, CP 20131, Aguascalientes, México.

²Maestría en Ciencias en Biodiversidad y Conservación de Ecosistemas Tropicales, Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Libramiento Norte Poniente 1150, CP 29039, Chiapas, México.

³Organización Los Hijos del Desierto, CP 20427, Aguascalientes, México.

*Correspondence: karla.cr3579@gmail.com

Received: 2024-08-27. Accepted: 2024-12-06. Published: 2025-05-15.

Editor: José Manuel Serrano, México.

Abstract.— Ophidic accidents are injuries caused by snake bites and are considered a neglected public health problem. There are nine species of venomous snakes in Aguascalientes considered of medical importance due to the composition and effects of their venoms: eight rattlesnakes in the genus *Crotalus*, and one coralsnake in the genus *Micrurus*. So far, the only effective treatment to counteract the effects a venomous snakebite are fabotherapics (antivenoms). The objective of this analysis was to present the first epidemiological report of snake bites in Aguascalientes during the period 2003-2023 and show maps with the distribution of fabotherapics in medical units for rapid localization and treatment of the accident. For this purpose, we compiled information regarding the number of mortality cases, the incidence rate, and the availability of antivenom in medical institutions in the state of Aguascalientes in the geographical center of Mexico. We report 310 bite records, with an annual average of 14.76. The average annual incidence rate was 1.24 per 100,000 inhabitants, the most affected people are men (74.52 %), people between 25-44 years old, and bites are most common between July and September. Only one death has been reported in the entity. Currently, 10 medical institutions have the availability of antiviperine fabotherapics for venomous snakebites, mainly General Hospitals and health jurisdiction centers. The information provided here is useful for understanding, treating, and preventing ophidic accidents in the state of Aguascalientes.

Keywords.— Antivenom, *Crotalus*, envenoming, *Micrurus*, ophidic accident, public health.

Resumen.— El accidente ofídico es la lesión cutánea provocada por la mordedura de una serpiente y es considerado un problema desatendido de salud pública. En Aguascalientes se tiene registro de nueve especies de serpientes venenosas consideradas de importancia médica por la composición y efectos de sus venenos; ocho serpientes de cascabel del género *Crotalus* y una serpiente coralillo del género *Micrurus*. Hasta el momento, el único tratamiento eficaz para contrarrestar estos efectos son los faboterápicos (antivenenos). El presente trabajo tuvo como objetivo presentar el primer análisis epidemiológico de mordedura por serpiente en Aguascalientes durante el periodo 2003-2023 y mostrar mapas con la distribución de faboterápicos de los años 2022 y 2024 en las unidades médicas para su rápida localización y tratamiento del accidente. Para lo anterior se realizó la recopilación de información referente al número de casos de morbilidad y de mortalidad, su tasa de incidencia, y sobre las instituciones médicas del estado con disponibilidad de faboterápicos. Se obtuvieron 310 registros de mordeduras, con un promedio anual de 14.76. La tasa de incidencia media anual fue de 1.24 por cada 100,000 habitantes, las personas más afectadas son los hombres (74.52 %), las personas de entre 25-44 años y son más frecuentes entre los meses de julio y septiembre. Solo ha sido reportada la muerte de una persona en la entidad. En el año 2024, 10 instituciones médicas contaban con disponibilidad de faboterápicos antiviperinos para casos de accidentes ofídicos, principalmente los hospitales generales y las jurisdicciones sanitarias. La información reportada es útil para comprender, tratar y prevenir los accidentes ofídicos en el estado de Aguascalientes.

Palabras clave.— Accidente ofídico, antivenenos, *Crotalus*, envenenamientos, *Micrurus*, salud pública.

INTRODUCCIÓN

En México se han registrado 453 especies de serpientes, de las cuales, el 21 % están agrupadas en las familias Viperidae y Elapidae (Uetz et al., 2024), consideradas de importancia médica debido a la toxicidad, la composición y los efectos de sus venenos. El veneno de los vipéridos posee una gran cantidad de proteínas distintas, mayormente enzimas, con la función de matar y digerir a sus presas, generalmente roedores, mientras que en los elápidos el veneno es de tipo neurotóxico y les ayuda a paralizar a sus presas, principalmente lagartijas y serpientes pequeñas (De Roodt et al., 2005; Neri-Castro et al., 2014). En Aguascalientes se distribuyen ocho especies de la familia Viperidae del género *Crotalus*: *C. aquilus*, *C. atrox*, *C. basiliscus*, *C. lepidus klauberi*, *C. molossus nigrescens*, *C. polystictus*, *C. pricei pricei*,

y *C. scutulatus scutulatus*, mientras que de la familia Elapidae solo hay registro de *Micrurus distans* (Vázquez-Díaz & Quintero-Díaz, 2005; Carbajal-Márquez & Quintero-Díaz, 2016). A pesar de ser un estado con un área pequeña cuenta con una amplia diversidad de serpientes venenosas (Fig. 1).

El accidente ofídico es la lesión cutánea provocada por la mordedura de serpiente, que en el caso de serpientes venenosas puede acompañarse de la inoculación de veneno, generando alteraciones fisiopatológicas locales o sistémicas de gravedad variable como: edema, dolor, hemorragias, insuficiencia renal, taquicardia, parálisis, entre otros, casi siempre acompañados de necrosis tisular que puede dejar secuelas como atrofia o



Figure 1. Venomous snakes of the state of Aguascalientes (A), *Crotalus aquilus* (B), *C. atrox* (C), *C. basiliscus* (D), *C. lepidus* (E), *C. molossus* (F), *C. polystictus* (G), *C. pricei* (H), *C. scutulatus* (I), *Micrurus distans*. Photos: Eric Centenero Alcalá.

Figura 1. Serpientes venenosas del estado de Aguascalientes (A), *Crotalus aquilus* (B), *C. atrox* (C), *C. basiliscus* (D), *C. lepidus* (E), *C. molossus* (F), *C. polystictus* (G), *C. pricei* (H), *C. scutulatus* (I), *Micrurus distans*. Fotos: Eric Centenero Alcalá.

amputación de la extremidad y, en casos severos, la muerte (Tay-Zavala et al., 2002; Zúñiga-Carrasco & Caro-Lozano, 2013; Walteros et al., 2014; Gutiérrez et al., 2017). La gravedad del envenenamiento depende de factores como la especie de serpiente, la composición y la cantidad del veneno inoculado, el sitio anatómico de la mordedura, la edad, el peso, la talla y el estado fisiológico de la víctima, además de la rapidez y efectividad del tratamiento hospitalario (Tay-Zavala et al., 2002; Brenes-Zúñiga, 2014; Fernández & Youssef, 2024).

La aplicación de técnicas de primeros auxilios invasivas y agresivas como incisiones en la piel, tratar de succionar el veneno, aplicar torniquetes, etcétera, no son recomendables y solo retrasan la aplicación de los faboterápicos (también conocidos como antivenenos) (Gil-Alarcón et al., 2011; Zúñiga-Carrasco & Caro-Lozano, 2013; Gutiérrez, 2021), el cual es el único tratamiento seguro y eficaz para neutralizar la actividad letal de la mayoría de las mordeduras por serpiente, y son específicos según se trate de un víperido o elápidio (Neri-Castro et al., 2014; Neri-Castro et al., 2020). Los antivenenos mexicanos son de origen equino y su composición se basa en fragmentos de anticuerpos F(ab')₂. Actualmente en el mercado mexicano se distribuyen dos antivenenos para el tratamiento de la mordedura de víbora: Faboterápico Polivalente Antiviperino® fabricado por BIRMEX que utiliza los venenos de *Bothrops asper* y *Crotalus basiliscus* como inmunógenos, y Antivipmyn® producido por el Instituto Bioclon de los Laboratorios Silanes que utiliza los venenos de *B. asper* y *C. simus* como inmunógenos, y en el caso de mordedura de serpiente de coral se usa el antiveneno Coralmyn® de Bioclon, que utiliza veneno de *Micrurus nigrocinctus* como inmunógenos. Todos se distribuyen en forma liofilizada (Neri-Castro et al., 2020; Neri-Castro et al., 2021).

A pesar del problema de salud pública y el impacto económico que las mordeduras por serpiente representan en diversos países, sigue siendo una enfermedad poco atendida, se estima que al año 5,400,000 personas en el mundo sufren mordeduras por serpientes, de las cuales entre 1,800,000 y 2,700,000 millones corresponden a casos de envenenamiento, el 15 % desarrolla discapacidades y solamente el 5 % terminan en defunciones (Martínez-Vaca León & López-Medellín, 2019; Méndez-Molina et al., 2023; Organización Mundial de la Salud, 2023). En América Latina los datos de incidencia y mortalidad de envenenamientos por mordeduras de serpiente son, en muchos casos, incompletos o subestimados por razones variadas, generando que en las estadísticas oficiales no siempre se muestre la verdadera magnitud del problema; la deficiencia de datos lleva a las autoridades sanitarias a subestimar la cantidad necesaria de antídotos, reduciendo su demanda a los fabricantes y creando

una escasez de suministros en las instituciones (Gutiérrez, 2011; Neri-Castro et al., 2020; OMS, 2023).

En México, los datos epidemiológicos referentes a envenenamientos por animales en general son deficientes debido a la carencia de bases de datos en los centros de salud, un registro inadecuado de ellos y el hecho de que no todos los afectados acuden a los centros médicos, ya sea por la lejanía de las localidades o bien, que algunas víctimas prefieren recurrir a remedios caseros o tratarse con curanderos, por lo que no son registrados por el sistema de salud (Yañez-Arenas et al., 2016; Neri-Castro et al., 2020; Neri-Castro et al., 2021; Rodríguez-Canseco et al., 2021). En el país los casos de mordeduras por serpiente se reportan mediante un boletín epidemiológico. Previo al año 2003 estos accidentes se incluían en la categoría “intoxicación por animales venenosos” junto a arañas, avispa, abejas y otros organismos venenosos, lo que dificultaba el determinar qué cantidad de esos casos corresponden a mordeduras por serpientes, posteriormente se comenzaron a registrar de manera individual en los reportes epidemiológicos semanales del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE) (Sigala-Rodríguez & Vázquez-Díaz, 1996; SINAVE, 2010; Chippaux, 2017; Neri-Castro et al., 2020).

En el país ocurrieron 14,858 casos de mordedura por serpiente con un promedio anual de 3,714.5 casos entre los años 2003-2006 (González-Rivera et al., 2009), durante 2012-2019 se registraron un total de 33,217 casos de mordedura por serpiente, con un promedio anual de 4,152 casos (Secretaría de Salud, 2019). Los estados con mayor incidencia son Oaxaca, Veracruz, Chiapas, e Hidalgo, los cuales tienen una amplia diversidad de ofidios debido a sus características geográficas y climáticas (Siria-Hernández & Arellano-Bravo, 2009; Martínez-Vaca León & López-Medellín, 2019). A pesar de que en Aguascalientes se ha registrado, en promedio, el menor número de casos anuales de la República Mexicana de acuerdo con los análisis nacionales (González-Rivera et al., 2009; Neri-Castro et al., 2020) no se ha realizado un estudio acerca de la epidemiología de mordeduras por serpiente que nos permita analizar la situación del ofidismo.

Esta investigación representa el primer estudio epidemiológico de mordedura por serpiente en Aguascalientes, ya que hasta la fecha no hay algún estudio específico sobre la morbilidad y mortalidad que generan estos accidentes en la entidad, al ser las serpientes venenosas un grupo de importancia médica, sus mordeduras pueden derivar complicaciones severas, por lo que, recopilar información acerca de la disponibilidad de faboterápicos en los hospitales del estado es necesario e importante para generar conocimiento sobre el acceso a la atención médica en caso de accidente ofídico.

El objetivo del presente trabajo fue realizar una revisión y análisis a la epidemiología del ofidismo en el estado de Aguascalientes durante el periodo 2003 al 2023, además se realizaron mapas con la distribución de faboterápicos en los hospitales del estado en los años 2022 y 2024.

MATERIAL Y MÉTODOS

Número de casos e incidencia

Mediante el Histórico Boletín Epidemiológico (bit.ly/4joVugi) y los anuarios de morbilidad (bit.ly/3StWsqp) de la Dirección General de Epidemiología (DGE) se obtuvo la información referente al número de casos, mes en el que ocurrieron, sexo y grupo de edad de los afectados y fuente de notificación de los accidentes de mordedura por serpiente registrados en Aguascalientes y en la República Mexicana del año 2003 al 2023. Por medio del Boletín Epidemiológico publicado por el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica y el Sistema Único de Información de la Secretaría de Salud del Gobierno Federal de México (bit.ly/43kkMkN) se hizo la revisión de los casos ocurridos hasta la fecha de consulta (semana 29 de 2024), estos no se consideraron en el análisis debido a que el año aún no concluía.

De igual manera, por medio de los anuarios de morbilidad de la DGE, se obtuvo la tasa de incidencia de mordedura por serpiente por cada 100,000 habitantes en la entidad del año 2003 al 2022. La incidencia del año 2023, la cual no estaba disponible, se calculó dividiendo el número total de casos entre el total de la población en ese año, obtenida de los indicadores demográficos 1950-2050 del Consejo Nacional de Población (CONAPO) y multiplicando por cada 100,000 habitantes (Moreno-Altamirano et al., 2000; CONAPO, 2024).

Mortalidad

Se consultó a través de la Plataforma Nacional de Transparencia (PNT) (Sistema Nacional de Transparencia, 2024) la información referente a los casos de mortalidad por mordedura de serpiente en Aguascalientes reportados al Instituto de Servicios de Salud del Estado de Aguascalientes (ISSEA) y mediante las estadísticas de mortalidad del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (<http://bit.ly/3SiIhEN>) se obtuvieron las defunciones correspondientes a “contacto traumático con serpientes y lagartos venenosos” del Código Internacional de enfermedades (CIE 10/2) con valores X200-X209. La tasa de mortalidad se calculó dividiendo el total de muertes entre el número de habitantes del año correspondiente según la CONAPO, y se multiplicó por cada 100,000 habitantes (CONAPO, 2024).

Distribución y disponibilidad de faboterápicos

Mediante la PNT se consultó al ISSEA la cantidad de faboterápicos existentes en sus unidades médicas para los años 2022 y 2024. Con la información obtenida se realizó un mapa para cada año en QGIS Desktop 3.22.6 (QGIS Development Team, 2019) marcando las instituciones médicas del estado de Aguascalientes con disposición de faboterápicos. Además, se consultó la manera en la que los distribuyen a nivel estatal.

RESULTADOS

Número de casos e incidencia

Se obtuvo un total de 310 registros de accidentes por mordedura de serpiente en el estado de Aguascalientes durante el periodo 2003-2023, con una media anual de 14.76 mordeduras por serpiente. La tasa de incidencia acumulada fue de 25.97 por cada 100,000 habitantes, en promedio al año la tasa de incidencia resultó ser de 1.24 por cada 100,000 habitantes. Los accidentes reportados para Aguascalientes corresponden al 0.37 % del total de casos ocurridos en la República Mexicana durante el periodo de estudio (Tabla 1). Es importante mencionar que en el año 2024 el único accidente reportado hasta la fecha en la que se consultó la información sucedió en la semana epidemiológica 28, siendo afectado un masculino.

El año con mayor número de casos fue 2005 con 31, 26 masculinos y 5 femeninos. El año con menor cantidad de registros fue 2021, con 4 casos, todos masculinos. Del total de registros obtenidos, los hombres son los más afectados, con un total de 231 casos (74.52 %), mientras que 79 casos (25.48 %) corresponden a mujeres (Tabla 1, Fig. 2). Las víctimas han sido niños desde un año hasta adultos de más de 65 años, resultando más afectado el grupo de edad de entre 25 y 44 años con 90 (29.8 %) de los 302 registros (periodo 2003-2022) (Fig. 3), los ocho casos correspondientes al 2023 no se consideran ya que aún no existe información referente al grupo de edad afectado durante ese año. El 95 % de los casos fueron reportados por la SSA, seguido del IMSS Ordinario e ISSSTE (Fig. 4).

En cuanto a la ocurrencia por mes, agosto es el mes que mayor frecuencia de casos presenta con 63 casos acumulados, lo que representa el 20 % del total, mientras que diciembre y febrero con 4 casos acumulados cada uno son los que presentan menor frecuencia (Fig. 5). En términos de estacionalidad, la mayoría de las mordeduras ocurren durante el verano (julio, agosto y septiembre) con un total de 160 casos acumulados (51.61 %), seguido de primavera (abril, mayo, junio) con 73 casos acumulados (23.55 %), otoño (octubre, noviembre y diciembre) con 52 casos (16.77 %), e invierno (enero, febrero, marzo) con 25 casos acumulados (8.07 %).

Table 1. Snake bites in Aguascalientes (Ags) and in the Mexican republic (MX), annual incidence rate per 100,000 inhabitants in Aguascalientes and percentage of cases occurring in the state in relation to those occurring in the country as a whole, for the period 2003 – 2023.

Tabla 1. Accidentes de mordedura por serpiente en Aguascalientes (Ags) y en la República Mexicana (MX), tasa de incidencia anual por cada 100,000 habitantes en Aguascalientes y porcentaje de los casos ocurridos en el estado en relación a los ocurridos en todo el país, durante el periodo 2003-2023.

Año	Total Ags	Casos masculinos Ags	Casos femeninos Ags	Tasa de incidencia Ags	Total MX	%
2003	8	5	3	0.79	3289	0.24
2004	15	13	2	1.46	3793	0.4
2005	31	26	5	2.97	3882	0.8
2006	26	23	3	2.45	3955	0.66
2007	17	13	4	1.54	3524	0.48
2008	20	13	7	1.78	3987	0.5
2009	18	15	3	1.58	3916	0.46
2010	19	12	7	1.64	3768	0.5
2011	10	7	3	0.85	4024	0.25
2012	13	9	4	1.06	4357	0.3
2013	13	9	4	1.04	4059	0.32
2014	11	7	4	0.87	4561	0.24
2015	21	17	4	1.63	4525	0.46
2016	18	10	8	1.38	4095	0.44
2017	11	8	3	0.83	3734	0.29
2018	9	8	1	0.64	3871	0.23
2019	10	7	3	0.71	4115	0.24
2020	17	11	6	1.19	3620	0.47
2021	4	4	0	0.28	3920	0.1
2022	11	8	3	0.75	3799	0.29
2023	8	6	2	0.53	4128	0.19
Total	310	231	79	25.97	82922	
Promedio	14.76	11	3.76	1.24	3948.67	0.37
Porcentaje		74.52%	25.48%			

Mortalidad

Por otro lado, de las 10 categorías referentes a contacto traumático con serpiente y lagarto venenoso de las estadísticas de mortalidad del INEGI, únicamente la correspondiente a “Contacto traumático con serpientes y lagartos venenosos en otro lugar especificado” reporta la muerte de una persona en Aguascalientes en el año 2003, al igual que el ISSEA, quien además refiere que el accidente se reportó en el municipio de Aguascalientes en julio del año 2003 y corresponde a un masculino de 53 años.

La tasa de mortalidad en el año 2003 fue de 0.09, al no haber defunciones del año 2004 al 2023 la tasa de mortalidad resultó en cero.

Distribución y disponibilidad de faboterápicos

En cuanto a la distribución de faboterápicos antiviperino, en el mes de junio del año 2022 se presentó mayor cantidad de ellos en las Jurisdicciones Sanitarias II y III con 45 y 41 faboterápicos respectivamente, seguido de los hospitales generales de Calvillo con 22, Pabellón de Arteaga con 18 y Rincón de Romos con 15, Centenario Hospital Miguel Hidalgo con 20 y algunos Centros

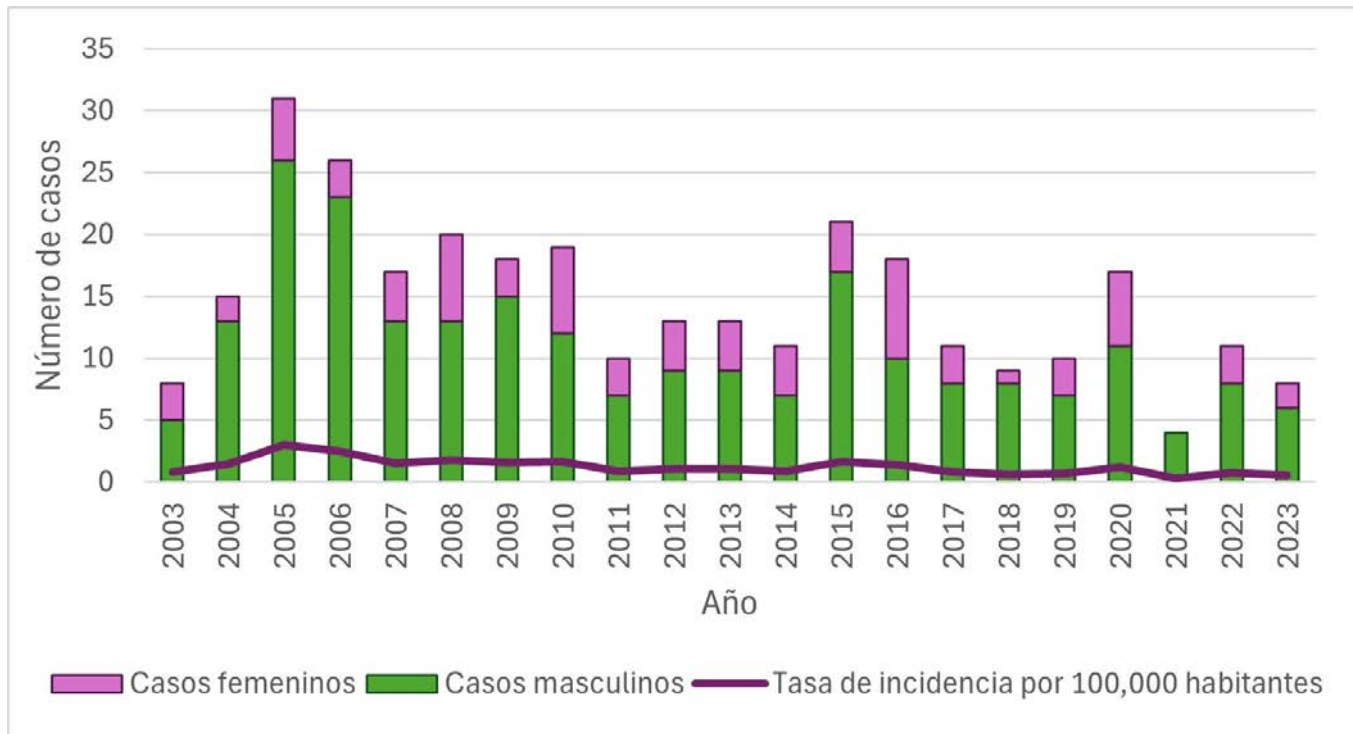


Figure 2. Snake bite cases and annual incidence rate in Aguascalientes (per 100,000 inhabitants) from 2003 to 2023.

Figura 2. Casos de mordedura por serpiente y tasa de incidencia anual en Aguascalientes (por cada 100,000 habitantes) del 2003 al 2023.

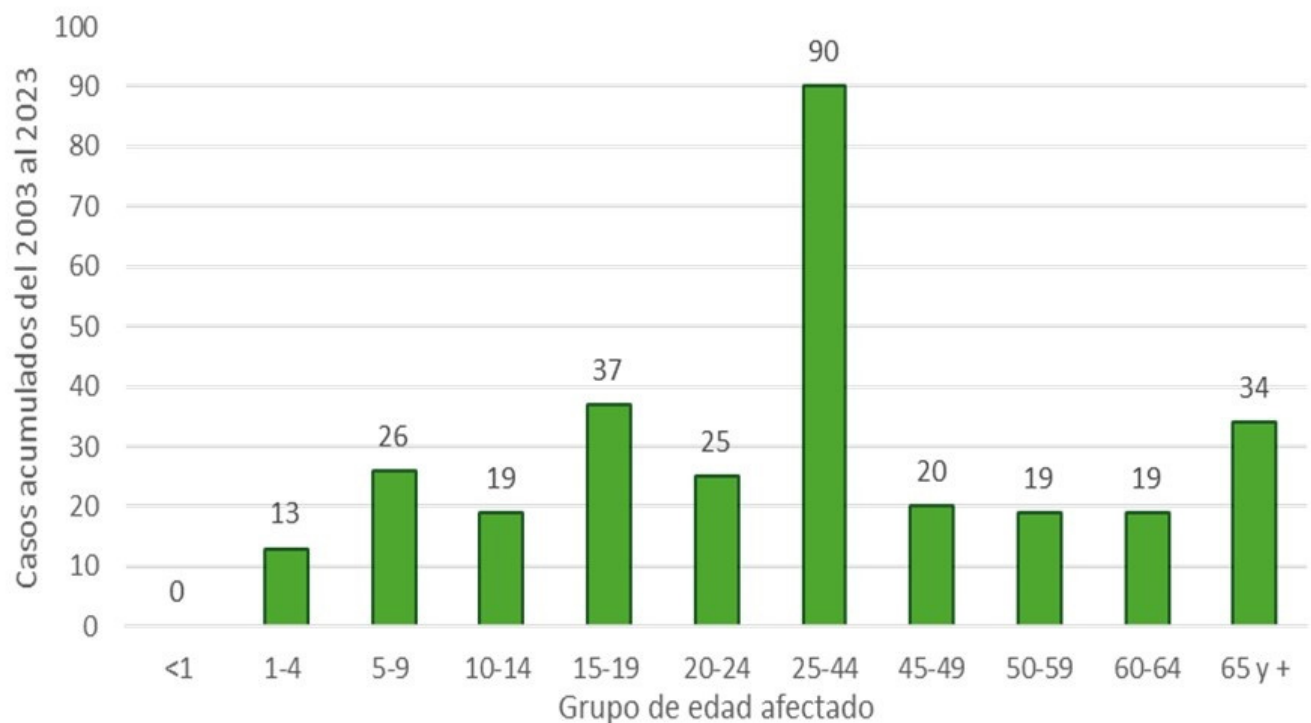


Figure 3. Accumulated cases of snake bite by age group in the state of Aguascalientes from 2003 to 2022.

Figura 3. Casos acumulados de mordedura por serpiente por grupo de edad en el estado de Aguascalientes del año 2003 al 2022.

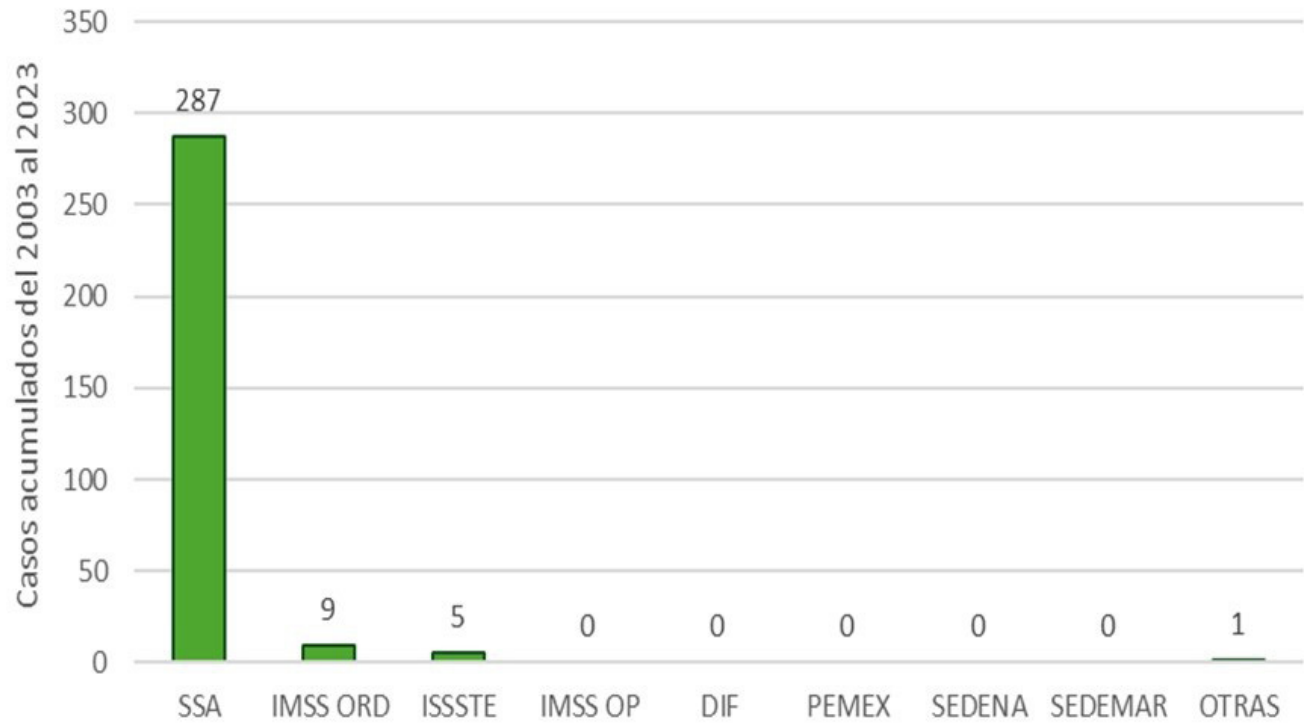


Figure 4. Accumulated cases of snakebite by notification source in the state of Aguascalientes from 2003 to 2022.

Figura 4. Casos acumulados de mordedura por serpiente por fuente de notificación en el estado de Aguascalientes del año 2003 al 2022.

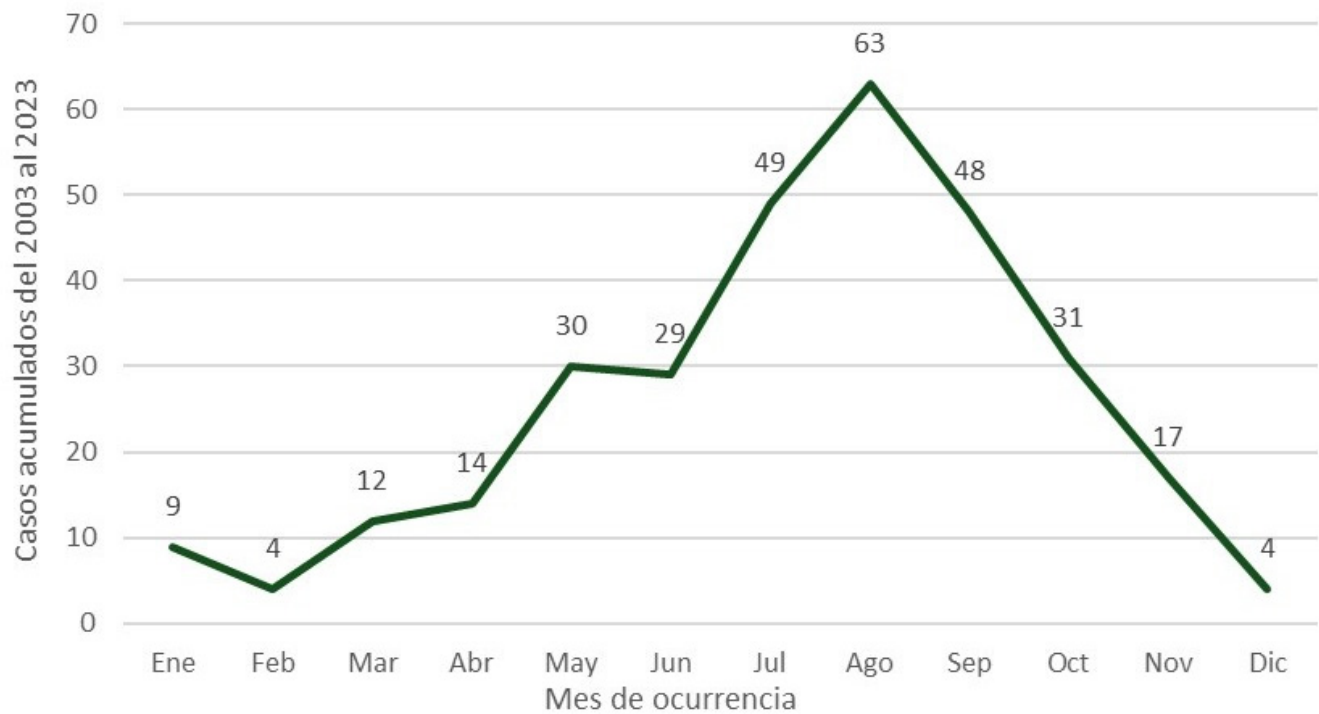


Figure 5. Accumulated cases of snakebite by month of occurrence in the state of Aguascalientes from 2003 to 2023.

Figura 5. Casos acumulados de mordedura por serpiente por mes de ocurrencia en el estado de Aguascalientes del año 2003 al 2023.

de Salud Urbanos (CSU) y Rurales (CSR) contaban únicamente con uno o dos suministros de estos, al igual que la Jurisdicción sanitaria I (Tabla 2, Fig. 6).

Para el año 2024 en el mes de julio, el Hospital General de Calvillo es el que cuenta con mayor disponibilidad de ellos con 30 suministros, seguido de los hospitales generales de Pabellón de Arteaga y Rincón de Romos que cuentan con 26 y 10, respectivamente. El Centenario Hospital Miguel Hidalgo, al igual que el Hospital Tercer Milenio, cuentan con 10 faboterápicos cada uno, el CSU de San José de Gracia y de Villa Juárez cuentan con cinco cada uno, el CSR de Palo Alto, CSU de San Francisco de los Romo y el CSR de Jesús María cuentan con cuatro, tres y dos faboterápicos, respectivamente (Tabla 2, Fig. 7).

La manera en la que se distribuyen estos suministros de acuerdo con el ISSEA es la siguiente: el recurso llega por especie a nivel estatal y se realiza la distribución hacia las tres jurisdicciones sanitarias, posteriormente las jurisdicciones sanitarias a través del Área de Atención Primaria a la Salud y de Prevención y Control de Enfermedades reparten a cada centro de salud, y hospitales del Estado de Aguascalientes de acuerdo a la demanda. Cada Jurisdicción se encarga de hacer solicitud a oficinas centrales de cada uno de los faboterápicos de acuerdo con su demanda y movimiento con el fin de tener en existencia, mientras se van utilizando, las jurisdicciones sanitarias hacen la solicitud de los que van necesitando en cada centro de salud u hospital y los reparten de acuerdo con los casos reportados, es por ello que las cantidades cambian constantemente en cada institución. Es importante mencionar que solo se maneja

Table 2. Amount of antivenom fabotherapies doses available in ISSEA medical units in 2022 and 2024.

Tabla 2. Cantidad de faboterápicos antivenom disponibles en unidades médicas del ISSEA en 2022 y 2024.

UNIDAD MÉDICA	CANTIDAD 2022	CANTIDAD 2024
Jurisdicción sanitaria III	41	0
Hospital General de Calvillo	22	30
Jurisdicción sanitaria II	45	0
Hospital General de Pabellón de Arteaga	18	26
Hospital General de Rincón de Romos	15	10
CSR Los Campos	1	0
CSR Soledad de Abajo	1	0
CSR Túnel de Potrerillo	2	0
CSU Pabellón de Arteaga	1	0
CSU Rincón de Romos	1	0
CSU San José de Gracia	0	5
CSU Villa Juárez	0	5
Jurisdicción Sanitaria I	1	0
Centenario Hospital Miguel Hidalgo	20	10
Hospital general tercer milenio	0	10
CSR Jesús María	0	2
CSR Palo Alto	2	4
CSU San Francisco de los Romo	0	3

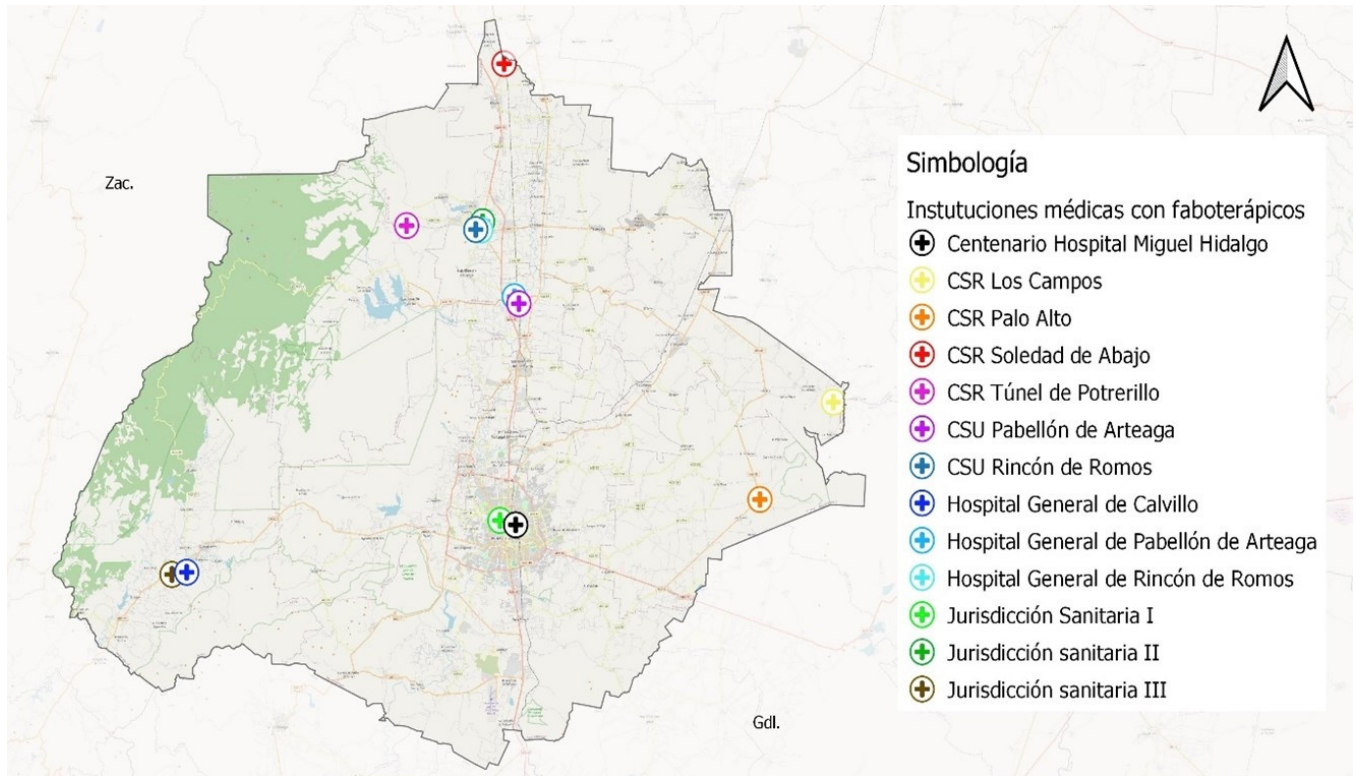


Figure 6. Antivenom faboherapeutics availability in ISSEA units until June 2022. / **Figura 6.** Disponibilidad de faboterápicos antiviperinos en unidades del ISSEA hasta el mes de junio de 2022.

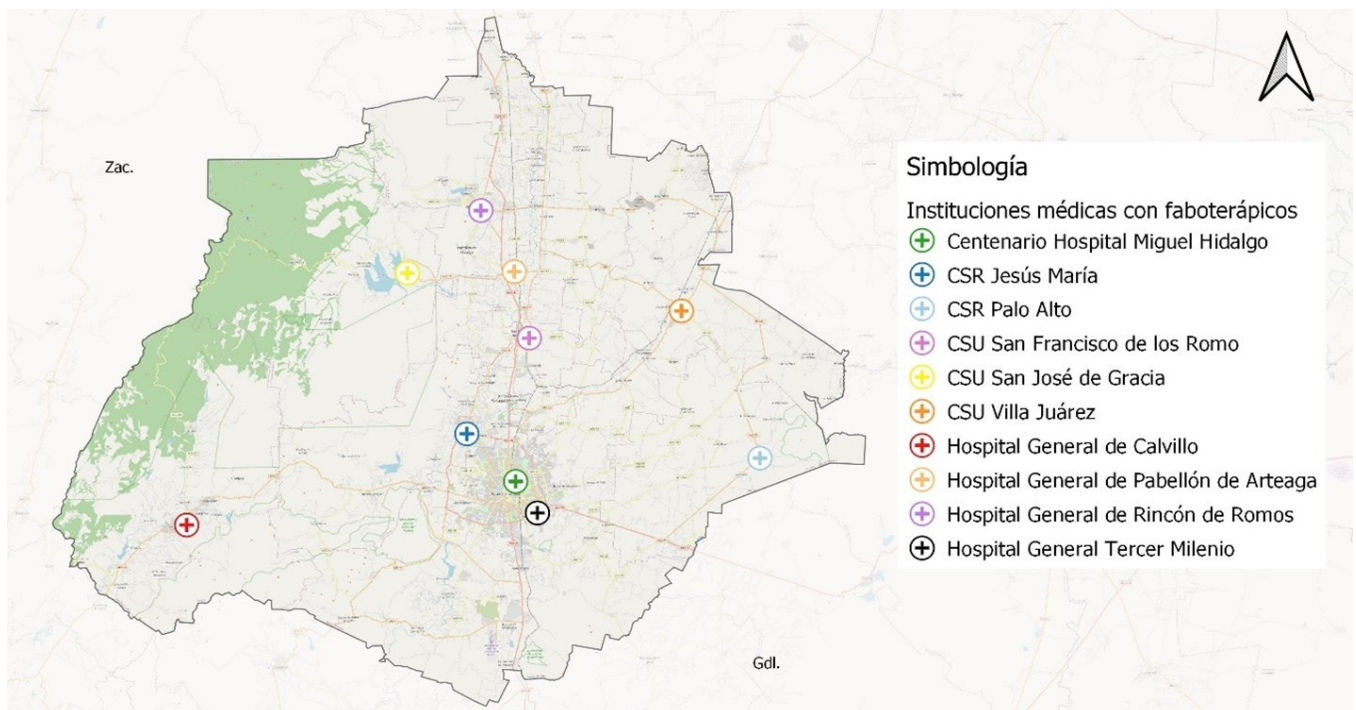


Figure 7. Antivenom faboherapeutics availability in ISSEA units until July 2022. / **Figura 7.** Disponibilidad de faboterápicos antiviperinos en unidades del ISSEA hasta el mes de julio de 2022.

antiviperino, no se ha distribuido anticorallillo a ningún centro de salud u hospital, ya que históricamente nunca se ha presentado un caso de mordedura por esta especie.

DISCUSIÓN

Esta investigación aporta el primer análisis epidemiológico sobre las mordeduras por serpiente en el estado de Aguascalientes, lo único que se había documentado al respecto es lo presentado en los análisis nacionales de González-Rivera et al. (2009), Neri-Castro et al. (2020) y Soria y Velázquez (2021), en donde reportan para Aguascalientes un total de 80 mordeduras de 2003 a 2006 y 30 mordeduras de 2017 a 2019, respectivamente, información que coincide con lo recopilado en este estudio durante el mismo periodo.

En el periodo 2003-2023 se obtuvo el registro de 310 mordeduras por serpiente en Aguascalientes, en promedio 14.76 casos al año (Tabla 1). En comparación con otros estados como: Estado de México donde se reportaron 3,858 casos durante el mismo periodo (Reyes-Velázquez & Gómez-Benitez, 2024), Baja California y Baja California Sur con 273 y 268 casos respectivamente, ambos durante el periodo 2003-2018 (Rodríguez-Canseco et al., 2021), Hidalgo con 1,312 casos del 2010 al 2022 (Méndez-Molina et al., 2023), Yucatán con 821 casos de mordeduras por serpiente venenosa durante el periodo 2003-2012 (Yañez-Arenas et al., 2016), Veracruz con 4,251 casos y Oaxaca con 4,271 casos, ambos durante el periodo 2012-2021 (Morales-Ríos et al., 2023) y Chiapas con 642 casos en el periodo 2017-2019 (Soria & Velázquez, 2021), Aguascalientes tiene, en promedio, el menor número de casos anuales en el país (González-Rivera et al., 2009; Neri-Castro et al., 2020; Soria & Velázquez, 2021), Veracruz, Oaxaca y Chiapas presentan mayor incidencia debido a su extensa diversidad de ofidios (Martínez-Vaca León & López-Medellín, 2019).

En cuanto a la tasa de incidencia, esta fue de 25.97 por cada 100,000 habitantes durante el periodo 2003-2023, resultando en promedio al año una tasa de incidencia de 1.24 por cada 100,000 habitantes (Tabla 1). En Soria y Velázquez (2021) muestran las tasas de incidencia en Aguascalientes durante los años 2017, 2018 y 2019 similares a las obtenidas en esta investigación, si bien la variación no es significativa, esto puede deberse a que el valor considerado para la población total fue distinto. En contraste con otras entidades federativas como Baja California Sur (Rodríguez-Canseco et al., 2021), Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Oaxaca, San Luis Potosí (Neri-Castro et al., 2020), Veracruz (Yañez-Arenas, 2014; Morales-Ríos et al., 2023) y Yucatán (Yañez-Arenas et al., 2016), por mencionar algunas, Aguascalientes es de las que presenta tasas de incidencia bajas, al igual que Baja

California (Rodríguez-Canseco et al., 2021), Ciudad de México y Morelos (Neri-Castro et al., 2020; Soria & Velázquez, 2021). Lo anterior no coincide del todo con Chippaux (2017), quien menciona que la incidencia es menor en el norte de México y va aumentando hacia el sur del territorio, con un promedio de incidencia de dos personas por cada 100,000 en el norte, de siete por cada 100,000 en el centro y de nueve por cada 100,000 en el sur del país.

Durante la revisión no se encontró información específica acerca del accidente a nivel nacional, lo cual varía según el estado (Neri-Castro et al., 2020), puesto que algunos de ellos reportan datos como: el municipio donde se atendieron o localidad donde el paciente fue mordido (Yañez-Arenas et al., 2016; Morales-Ríos et al., 2023; Reyes-Velázquez & Gómez-Benitez, 2024). Esta información referente a la temporalidad, la geografía, así como los aspectos sociales, son información relevante para comprender, prevenir y tratar estos accidentes (Yañez-Arenas et al., 2016). A pesar de que la vigilancia epidemiológica en México ha mejorado en las últimas dos décadas, la información sobre mordeduras de serpiente en el país aún es escasa y difícil de encontrar (Neri-Castro et al., 2021). Hasta el 2023 la información disponible acerca de las mordeduras por serpiente en Aguascalientes únicamente reportaba el sexo y el grupo de edad al que pertenece el afectado, el mes de ocurrencia y la fuente de notificación, sin embargo, es importante mencionar que los boletines epidemiológicos emitidos a partir del 2024 además de los datos previamente mencionados añaden tres categorías: “Mordedura por Serpiente de Cascabel”, “Mordedura por Serpiente Coral” y “Mordedura por Otras Serpientes” (DGE, 2024) para clasificar según el tipo de serpiente que origino la mordedura. Aunque hacen falta más datos por agregar como la zona geográfica o municipio donde ocurrió y donde se reportó el accidente, esto nos manifiesta un avance en el registro de información epidemiológica de la entidad.

Neri-Castro et al. (2020) observaron que existe mayor cantidad de casos en los meses de julio, agosto y octubre en la zona centro y norte del país, y en los meses de agosto, septiembre y octubre en la zona norte; lo que coincide con lo que ocurre en Aguascalientes donde hay un incremento de casos en el mes de agosto, seguido de los meses julio, septiembre y octubre y la disminución de ellos durante el invierno (Fig. 5), al igual que ocurre en el resto del país (González-Rivera et al., 2009; Zúñiga-Carrasco & Caro-Lozano, 2013; Rodríguez-Canseco et al., 2021; Méndez-Molina et al., 2023; Reyes-Velázquez & Gómez-Benitez, 2024). Esta tendencia al aumento de casos en esta época se explica porque estos meses coinciden con la temporada de lluvias donde, por una parte, las serpientes presentan mayor actividad, sobre todo los machos, que destinan más tiempo a buscar hembras para aparearse en

este periodo, o hay inundaciones de algunos de sus refugios, con lo que se ven obligadas a salir en búsqueda de sitios secos, suceden los nacimientos de sus crías y aumenta la abundancia de sus presas (Cubero-Alpizar, 2012; Morales-Ríos et al., 2023). Adicional a esto, en este periodo aumenta la actividad agrícola (Chippaux, 2017), provocando un incremento en la interacción humano-serpiente (Martínez-Vaca León & López-Medellín, 2019; Gutiérrez et al., 2017).

En Aguascalientes se registró la mayor cantidad de casos (31) en el año 2005, lo que puede estar relacionado con la llegada del huracán “Emily” al Golfo de México, el cual trajo consigo fuertes lluvias para el estado (El Universal, 2005). Los casos obtenidos por año para el estado muestran que no existe una tendencia ni constancia en cuanto a la variación en el número de accidentes ofídicos durante el periodo estudiado.

La incidencia resultó ser más alta en hombres (74.52 %) a comparación de las mujeres (25.48 %), al igual que en el resto del país (Zúñiga-Carrasco & Caro-Lozano, 2013; Secretaría de Salud, 2019; Rodríguez-Canseco et al., 2021; Reyes-Velázquez & Gómez-Benitez, 2024). A pesar de que no hay estudios específicos que expliquen esta alta incidencia en hombres, puede estar relacionado a que los hombres realizan principalmente actividades agrícolas, ganaderas y otras que implican su presencia constante en zonas de campo (Almaraz-Vidal, 2016; Neri-Castro et al., 2020), siendo la zona rural la más vulnerable a accidentes ofídicos (Gutiérrez, 2011; Zúñiga-Carrasco & Caro-Lozano, 2013; Walteros et al., 2014). Esta misma actividad puede explicar por qué los miembros inferiores son la zona más expuesta a la mordedura de una serpiente (72 %), mientras que los muslos (14 %), las manos (13 %) y la cabeza (1 %) son atacados con menos frecuencia (González-Rivera et al., 2009; Zúñiga-Carrasco & Caro-Lozano, 2013).

El 30 % de los afectados por mordedura de serpiente en el periodo de estudio en Aguascalientes fueron personas de entre 25 y 44 años (Fig. 3), lo que coincide con el fenómeno en toda la República Mexicana (González-Rivera et al., 2009; Secretaría de Salud, 2019). En investigaciones similares realizadas en otras entidades federativas como Veracruz (Almaraz-Vidal, 2016; Morales-Ríos et al., 2023) y Estado de México, (Reyes-Velázquez & Gómez-Benitez, 2024) el grupo de edad más afectado fue el mismo. En los análisis nacionales por Zúñiga-Carrasco y Caro-Lozano (2013) y Méndez-Molina et al. (2023) la clasificación utilizada de los grupos de edad fue distinta; en estos estudios el rango de edad más afectado corresponde a las personas de entre 19 a 44 años y 19 a 39 años, respectivamente, a pesar de ello estos grupos siguen manteniéndose cercanos y similares a los utilizados en este estudio.

Como se señaló anteriormente, el problema de las mordeduras por serpiente repercute más en la población adulta, sin embargo, García-Willis et al. (2009) y Fernández y Youssef, (2024) señalan que, las complicaciones llegan a ser más graves en los pacientes pediátricos, debido a su menor masa corporal, por lo que la mayoría de los casos de mortalidad reportados corresponden a la población pediátrica. Por otro lado, Coto-Freund et al. (2022) mencionan que las personas de entre 10 a 40 años son las que presentan más muertes. Lo anterior no coincide con lo ocurrido en Aguascalientes, ya que de los 58 incidentes ocurridos en pediátricos (considerando de los 0 a los 15 años), ninguno se reportó de muerte. En el periodo 1998-2023 solo se reporta la muerte de un masculino de 53 años en el municipio de Aguascalientes en el año 2003. Al igual que en los datos de morbilidad, la información pública referente a las muertes carece de detalles importantes, como la especie de serpiente involucrada en el accidente. Con la información proporcionada por el ISSEA se puede descartar que la muerte haya sido ocasionada por una serpiente coralillo, ya que históricamente en la entidad no se han reportado mordeduras por organismos del género *Micrurus*, por lo que se le atribuye el caso a una serpiente de cascabel. Además de esto, Neri-Castro et al. (2021) mencionan que a pesar de que no existen estadísticas confiables sobre las especies de serpientes que causan envenenamientos en México, es claro que más del 95 % son causadas por víboras, mientras que los envenenamientos por elápidos son comparativamente poco comunes.

La tasa de mortalidad en el año 2003 fue de 0.09 por cada 100,000 habitantes en Aguascalientes, una tasa relativamente baja, lo cual puede deberse a que no todas las serpientes son venenosas, la mordida pudo haber sido “seca” o sin inyección de veneno o, el tratamiento adecuado fue aplicado oportunamente (Tay-Zavala et al., 2002). No debemos dejar de considerar que estas cifras pueden estar subestimadas (Neri-Castro et al., 2020; Neri-Castro et al., 2021). Los estados con mayor riqueza de ofidios, Veracruz, Oaxaca y Chiapas, y por ende de accidentes ofídicos, son a su vez los que presentan mayor cantidad de muertes al año (Morales-Ríos et al., 2023). esto también se explica debido a que estos estados cuentan con zonas remotas donde el acceso a la atención médica llega a ser complicado y tardado, por lo que las altas tasas de mortalidad no están necesariamente correlacionadas con una alta incidencia de mordeduras de serpiente (Neri-Castro et al., 2021). Por el contrario, los estados en la zona norte, centro y occidente presentan incidencias medias a altas, pero tasas de mortalidad mucho menores, debido a múltiples factores posibles, entre ellos una mejor atención del accidente ofídico y mayor disponibilidad de faboterápicos (Neri-Castro et al., 2020; Neri-Castro et al., 2021).

En el estado de Aguascalientes, de 89 instituciones médicas del ISSEA (2022), solo 13 unidades médicas (15 %) contaban con faboterápicos en el mes de junio de 2022, y para el mes de julio del 2024, solo 10 unidades (11 %) disponían de ellos. Aunque en el año 2022 eran más las instituciones que contaban con ellos, la mayoría de ellas los poseían en menor cantidad (uno o dos), mientras que para el año 2024 se agregaron otros hospitales y centros de salud a la lista, y aunque eran menos instituciones, contaban con mayor cantidad de faboterápicos. Algo importante que se debe destacar, es que las unidades médicas señaladas en los mapas se encuentran medianamente dispersas a lo largo de la entidad (Figs. 6 y 7), sin embargo, en algunas de ellas, principalmente en Centros de Salud, apenas contienen viales suficientes para tratar un caso de envenenamiento leve. Luego de un envenenamiento por mordedura de serpiente se debe realizar una evaluación del estado general del paciente para juzgar la gravedad del accidente. En el caso de mordedura por víbora, para casos leves el tratamiento puede comenzar con tres a cinco viales de antiveneno, en casos moderados y severos con 10 o más viales, por otro lado, en el caso de envenenamiento por elápidos la dosis inicial es de alrededor de 10 viales. La reacción y estado del paciente determinará si requiere una dosis adicional de antiveneno (Gutiérrez, 2021; Neri-Castro et al., 2021).

Es más probable que haya existencia de faboterápicos, en mayor cantidad, en las jurisdicciones sanitarias II y III ubicadas respectivamente en Calvillo y Rincón de Romos, ya que son ellas quienes los distribuyen (ISSEA, *com. pers.*), en los hospitales generales de la entidad, y en otros hospitales como el Miguel Hidalgo. En contraste, los CSR y los CSU solo disponen de una o dos dosis (Tabla 2). Sin embargo, tal y como menciona la información proporcionada por el ISSEA (*com. pers.*), las cantidades de faboterápicos antiviperinos y su existencia varía constantemente, conforme se van solicitando. Afortunadamente, al no haber muchos casos de mordedura por serpiente en el estado en los últimos años, es probable que las provisiones del mes se mantengan por algún tiempo. Cabe mencionar que algunos de los faboterápicos con los que cuentan se caducan en este año y en el 2025 y, de acuerdo con Fernández-Badillo et al. (2021), una vez vencida la fecha de caducidad queda prohibida su venta y suministro. Sin embargo, Sánchez et al. (2019), mencionan que estos mantienen su eficacia hasta 20 años después de esta fecha.

Los faboterápicos son el único tratamiento específico, seguro y eficaz para neutralizar el veneno de serpiente (Neri-Castro et al., 2020); el número de viales a aplicar es distinto para cada accidente ofídico, ya que depende directamente del nivel de envenenamiento, la intensidad de los signos clínicos, los síntomas del paciente, entre otros factores. Las primeras

dos horas son cruciales para atenuar los efectos del veneno, mientras más rápido se aplique mejor, sin embargo, la mayoría de las víctimas reciben el antídoto después de ese tiempo, una de las causas es que no se cuenta con antídotos faboterápicos disponibles en los hospitales, si es así, de nada servirá la rapidez con la que se llegue a ellos. Finalmente, tener personal capacitado para atender adecuadamente estos incidentes también es importante (Tay-Zavala et al., 2002; Gil-Alarcón et al., 2011).

Conocer el número de accidentes ocasionados por serpiente de importancia médica es crucial para entender la magnitud del problema y la capacidad de respuesta ante envenenamientos, así como conocer la cantidad de antivenenos que deben existir en cada unidad médica. Es deseable también que se amplíe la distribución y disponibilidad de faboterápicos en las instituciones médicas y se mantengan, de manera constante, en existencia en una cantidad considerable, sobre todo en los sitios más vulnerables, como lo son los medios rurales (Tay-Zavala et al., 2002; Zúñiga-Carrasco & Caro-Lozano, 2013; Neri-Castro et al., 2021). Contar con los faboterápicos y saber cómo actuar influirá en la reducción del estrés, la ansiedad y la ineficiencia ante una mordedura por serpiente (Gil-Alarcón et al., 2011). En el apéndice 1 se muestra la lista de las instituciones médicas señaladas en los mapas (Figs. 6 y 7), así como el domicilio y número telefónico como una guía para ubicar las unidades médicas con mayor probabilidad de contar con faboterápicos en caso de accidente ofídico en el estado. Ante un accidente ofídico es imperativo trasladarse directamente a un hospital que tenga faboterápicos disponibles para evitar que se agraven las complicaciones por el envenenamiento.

Como se mencionó anteriormente, en Aguascalientes no se han reportado mordeduras por serpientes coralillo, es por esto que el faboterápico Coralmyl no se distribuye en la entidad. Las mordeduras del género *Micrurus* representan menos del 1 % de los envenenamientos en América (Chippaux, 2017), y causan entre el 1 y 2 % de los accidentes reportados en México (Neri-Castro et al., 2020) esto debido a que estas serpientes, a pesar de ser animales venenosos, son organismos tímidos, que pasan gran parte del tiempo ocultos (Vázquez-Díaz & Quintero-Díaz, 2005). En Aguascalientes se distribuye en el suroeste del estado (Carbajal-Márquez & Quintero-Díaz, 2016).

CONCLUSIÓN

A pesar de que en Aguascalientes la morbilidad y mortalidad por mordeduras de serpiente son bajas, es importante mejorar los registros epidemiológicos incluyéndoles más datos como la especie involucrada, el sitio anatómico de la mordedura, el lugar

donde ocurrió el accidente, la actividad que se estaba realizando, entre otros. Si bien, el registro de la información referente a los accidentes por mordedura de serpientes ha avanzado (a partir del año 2024 se comenzaron a clasificar según el tipo de serpiente que origina la mordedura ya sea cascabel, coral u otras serpientes), aún falta mucho por implementar.

La información geográfica del accidente resulta útil para identificar zonas de riesgo ofídico y que las instituciones correspondientes presten mayor atención a la distribución de los faboterápicos para facilitar y mejorar la atención médica, así como para generar mayor conocimiento acerca del conflicto humano-serpiente en la zona, a manera de prevención de estos accidentes.

Agradecimientos.— Se agradece al Instituto de Servicios de Salud del Estado de Aguascalientes por brindar la información solicitada, al Biól. Guillermo Gil Alarcón y al Biól. Daniel Escobedo por su orientación en la búsqueda de información, así como al Biól. Eric Centenero Alcalá por autorizar el uso de sus fotografías.

LITERATURA CITADA

- Almaraz-Vidal, D. 2016. Las serpientes venenosas de importancia médica de la región de Las Grandes Montañas de Veracruz, México: aspectos ecológicos y accidentes ofídicos. *Revista Mundo Investigación* 2:173-180.
- Brenes-Zúñiga, M.G. 2014. Accidente Ofídico. *Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica LXXI*:539-550.
- Carbajal-Marquéz, R.A. & G.E. Quintero-Díaz. 2016. The herpetofauna of Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Herpetología* 2:1-30.
- Chippaux, J.P. 2017. Incidence and mortality due to snakebite in the Americas. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 11:1-39.
- CONAPO. 2024. Reconstrucción y proyecciones de la población de los municipios de México. <https://bit.ly/3GQ9iwH>. Ciudad de México, México.[Consultado en julio 2024]
- Coto-Freund, F., F. Murillo-Barquero & S.M. Roch-Monge. 2022. Accidente ofídico: un enfoque al manejo en primer nivel de atención. *Revista Médica Sinergia* 7:756.
- Cubero-Alpízar, C. 2012. Eventos de precipitación pluvial asociados a diez enfermedades de declaración obligatoria en la zona de Pérez Zeledón. *Enfermería Actual en Costa Rica* 22:1-21.
- DGE. 2024. Boletín Epidemiológico, Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica: Sistema Único de Información. <https://bit.ly/4iULcxW>. Ciudad de México, México [Consultado en julio 2024]
- De Roodt, A., J. Estévez-Ramírez, J.F. Paniagua-Solís, S. Litwin, A. Carvajal-Saucedo, J.A. Dolab, L.E. Robles-Ortiz & A. Alagón. 2005. Toxicidad de venenos de serpientes de importancia médica en México. *Gaceta médica de México* 141:13-21.
- El Universal. 2005. Se dirige Emily hacia Yucatán. <https://bit.ly/3GIhj6r>. Ciudad de México, México [Consultado en julio 2024]
- Fernández-Badillo, L., I. Zuria, J. Sigala-Rodríguez, G. Sánchez-Rojas & G. Castañeda-Gaytán. 2021. Revisión del conflicto entre los humanos y las serpientes en México: origen, mitigación y perspectivas. *Animal Biodiversity and Conservation* 44:153-174.
- Fernández, E.A. & P. Youssef. 2024. Snakebites in the Americas: A neglected problem in public health. *Current Tropical Medicine Reports* 11:19-27.
- García-Willis, C.E., R. Vela-Ortega & M.E. Maya-Leal. 2009. Epidemiología de la mordedura por ofidio en pacientes pediátricos. *Boletín médico del Hospital Infantil de México* 66:254-259.
- Gil-Alarcón, G., M.C. Sánchez-Villegas & V.H. Reynoso. 2011. Tratamiento prehospitario del accidente ofídico: revisión, actualización y problemática actual. *Gaceta Médica de México* 147:195-208.
- González-Rivera, A., P. Chico-Aldama, W. Domínguez-Viveros, M.D. la L. Iracheta-Gerez, M. López-Alquicira & A. Cuellar-Ramírez. 2009. Epidemiología de las mordeduras por serpiente. Su simbolismo. *Acta Pediátrica de México* 30:182-191.
- Gutiérrez, J.M. 2011. Envenenamientos por mordeduras de serpientes en América Latina y el Caribe: una visión integral de carácter regional. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental* 51:1-16.
- Gutiérrez, J.M. 2021. Snakebite Envenomation in Central America: Epidemiology, Pathophysiology and Treatment. Pp. 543-558. En S.P. Mackessy (Ed.). *Handbook of Venoms and Toxins of Reptiles*. 2th Ed. CRC Press. Boca Ratón, Florida, USA.
- Gutiérrez, J.M., J.J. Calvete, A.G. Habib, R.A. Harrison, D.J. Williams & D.A. Warrell. 2017. Snakebite envenoming. *Nature Reviews Disease Primers* 3:17063.



- Instituto de Servicios de Salud del Estado de Aguascalientes. 2022. ISSEA-Secretaría de Salud. <https://www.issea.gob.mx/Default.aspx>. Aguascalientes, Aguascalientes, México [Consultado en Octubre 2024]
- Martínez-Vaca León, O.I. & X. López Medellín. 2019. Serpientes, un legado ancestral en riesgo. *CIENCIA Ergo-Sum* 26:1-10.
- Méndez-Molina, R., A.K. Villela-Oriza, A.A. Espinosa-Couoh & O. Huchim-Lara. 2023. Snakebites epidemiology in Mexico: a 13-year ecological analysis. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 118:118-126.
- Morales-Ríos, E., M.E. Luna-Bauza, F.A. Dzúl-Manzanilla, A. Báez-Hernández & G. Díaz del Castillo-Flores. 2023. Aspectos epidemiológicos de las mordeduras de serpiente en Veracruz, México (2012-2021). *Revista Médica de la Universidad Veracruzana* 23:7-31.
- Moreno-Altamirano, A., S. López-Moreno & A. Corcho-Berdugo. 2000. Principales medidas en epidemiología. *Salud pública de México* 42:337-348.
- Neri-Castro, E.E., M. Bénard-Valle, G. Gil-Alarcón, M. Borja, J. López De León & A. Alagón. 2020. Serpientes venenosas en México: una revisión al estudio de los venenos, los antivenenos y la epidemiología. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 3:5-22.
- Neri-Castro, E.E., M. Bénard-Valle, J. López de León, L. Boyer & A. Alagón. 2021. Envenomations by reptiles in Mexico. Pp. 529-541. En S.P. Mackessy (Ed.). *Handbook of Venoms and Toxins of Reptiles*. 2th Ed. CRC Press. Boca Ratón, Florida, USA.
- Neri-Castro, E.E., M. Bénard-Valle & A. Alagón-Cano. 2014. Reptiles venenosos en México. *Revista Digital Universitaria* 15:1-8.
- Organización Mundial de la Salud. 2023. Envenenamiento por mordedura de serpiente. <https://bit.ly/3F2Zq27>. [Consultado en junio 2024]
- QGIS Development Team. 2019. QGIS Geographic Information System.
- Reyes-Velázquez, E. & A. Gómez-Benitez. 2024. Mordeduras de serpientes venenosas en el Estado de México. *Biblioteca Universitaria* 7:751-53.
- Rodríguez-Canseco, J.M., G. Arnaud-Franco, E. Gutiérrez-López & G. Romero-Figueroa. 2021. Panorama epidemiológico de las mordeduras por serpientes en la península de Baja California, México (2003-2018). *Gaceta Médica de México* 157:559-565.
- Sánchez, E.E., C. Migl, M. Suntravat, A. Rodríguez-Acosta, J.A. Galán & E. Salazar. 2019. The neutralization efficacy of expired polyvalent antivenoms: An alternative option. *Toxicon* 168:32-39.
- Secretaría de Salud. 2019. Vigilancia Epidemiológica Semana 47, 2019. *Boletín Epidemiológico Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica, Sistema Único de Información* 36:1-63.
- Sigala-Rodríguez, J.J. & J. Vázquez-Díaz. 1996. Serpientes venenosas de Aguascalientes. *Cuaderno de Trabajo* 561-33.
- SINAVE. 2010. Intoxicación por ponzoña de animales. *Boletín Epidemiológico* 27:1-27.
- Siria-Hernández, C.G. & A. Arellano-Bravo. 2009. Mordeduras por serpiente venenosa: panorama epidemiológico en México. *Salud pública de México* 51:51-52.
- Sistema Nacional de Transparencia. 2024. Plataforma Nacional de Transparencia. <https://www.plataformadetransparencia.org.mx/> [Consultado en julio 2024]
- Soria, R. & N. Velázquez. 2021. Evaluación global del panorama epidemiológico de las mordeduras de serpiente en México. *Latin American Journal of Clinical Sciences and Medical Technology* 3:23-36.
- Tay-Zavala, J., J.G. Díaz-Sánchez, J.T. Sánchez-Vega, D. Ruiz-Sánchez & L. Castillo. 2002. Serpientes y reptiles de importancia médica en México. *Revista de la Facultad de Medicina* 45:212-219.
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar, F. Reyes, J. Kudera & J. Hošek. 2024. The Reptil Database. <http://reptile-database.org/> [Consultado en julio 2024]
- Vargas-Herrera, H., J.J. Ospina & J.V. Romero. 2022. The Covid-19 shock and the monetary policy response in Colombia. *BIS Papers chapters* 122:79-114.
- Vázquez-Díaz, J. & G.E. Quintero-Díaz. 2005. *Anfibios y Reptiles de Aguascalientes*. 2a Ed. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Centro de Investigaciones y Estudios Multidisciplinarios de Aguascalientes, A. C., Aguascalientes, México.



- Walteros, D., A. Paredes & L.J. León-Núñez. 2014. Protocolo de Vigilancia en Salud Pública: Accidente Ofídico. p. 28. Grupo de Enfermedades Transmisibles Equipo de Zoonosis 2:1-28.
- Wickham, H. 2016. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York.
- Yañez-Arenas, C. 2014. Análisis temporal y geográfico del envenenamiento por mordedura de serpiente en Veracruz, México (2003-2012). Gaceta Médica de México 150:60-64.
- Yañez-Arenas, C., A. Yañez-Arenas & D. Martínez-Ortiz. 2016. Panorama epidemiológico de las mordeduras por serpiente venenosa en el estado de Yucatán, México (2003-2012). Gaceta Médica de México 152:568-574.
- Zúñiga-Carrasco, I.R. & J. Caro-Lozano. 2013. Aspectos clínicos y epidemiológicos de la mordedura de serpientes en México. Evidencia Médica e Investigación en Salud 6:125-136.



APPENDIX 1. Contact information for health centers that have fabotherapies in Aguascalientes. /

APENDICE 1. Datos de contacto de los centros de salud que cuentan con faboterápicos en Aguascalientes.

Institución médica	Municipio	Dirección	Teléfono
CENTENARIO HOSPITAL MIGUEL HIDALGO	Aguascalientes	Av. Gómez Morín S/N, La Estación, Alameda, C.P. 20259	(449) 994 67 20
HOSPITAL GENERAL TERCER MILENIO	Aguascalientes	Av. Siglo XXI 103, Morelos, Satelite Morelos, 20298	(449) 977 62 75
C.S.U. SAN FCO. DE LOS ROMO	San Francisco de los Romo	C. Empleo S/N, Esq. con Av. Otto Granados, San José del Barranco, 20303	(449) 910 79 62
JURISDICCIÓN SANITARIA I	Aguascalientes	Margil de Jesús 1501, Las Arboledas, 20020	-
C.S.U. VILLA JUAREZ	Asientos	Av. Jesús Macías Rangel 103, La Sierra, 20700, Villa Juárez	(449) 910 79 00
JURISDICCIÓN SANITARIA II	Rincón de Romos	Guadalupe 104, José Luis Macías, 20404	(465) 951 0245
JURISDICCIÓN SANITARIA III	Calvillo	Independencia 412-A, Zona Centro, 20800	(495) 956 2563
HOSPITAL GENERAL DE CALVILLO	Calvillo	Blvd. Rodolfo Landeros Gallegos 440, José Landeros, 20803	(495) 956 2236
HOSPITAL GENERAL DE PABELLÓN DE ARTEAGA	Pabellón de Arteaga	Venustiano Carranza 50, Industrial, 20660	(465) 958 0247
HOSPITAL GENERAL DE RINCÓN DE ROMOS	Rincón de Romos	Prolongación Morelos Sur S/N, Colonia San José, 20400	(465) 951 1702
C.S.R. LOS CAMPOS	Asientos	Colon, S/N	-
C.S.R. SOLEDAD DE ABAJO	Cosío	Abasolo 6, 20470 Estación de Adames	-
C.S.R. TÚNEL DE POTRERILLO	San José de Gracia	Carretera 123, Túnel de Potrerillo, 20508	-
C.S.U. PABELLÓN DE ARTEAGA	Pabellón de Arteaga	Irrigación Sur, Esq. Del Parque, Ejido Palo Alto 20675	(465) 128 8962
C.S.U. SAN JOSÉ DE GRACIA	San José de Gracia	Juan Domínguez 202, Col. las Cañadas, 20500	-
C.S.U. RINCÓN DE ROMOS	Rincón de Romos	Av. Constitución 1917 306, Col. Solidaridad, 20416	-
C.S.R. JESÚS MARÍA	Jesús María	Valle de Aguascalientes 98, Lomas del Valle, 20926	(449) 965 07 77
C.S.R. PALO ALTO	El Llano	Blvd. Miguel Ángel Barberena Vega 3, Centro, 20330	-

DIVERSIDAD DE ANFIBIOS DE LA LOCALIDAD DE CAXUXUMAN, ZOZOCOLCO DE HIDALGO, VERACRUZ, MÉXICO

AMPHIBIAN DIVERSITY AT THE LOCALITY OF CAXUXUMAN, ZOZOCOLCO DE HIDALGO, VERACRUZ, MEXICO

Sandra Fabiola Arias Balderas¹ & Ana Karen Nava-Salazar^{1*}

¹Museo de las Ciencias Biológicas, Facultad de Estudios Superiores Iztacala Av. de los Barrios No. 1 Col. Los Reyes Iztacala, C.P. 54090. Tlalnepantla, Estado de México, México.

*Correspondence: karennava3000@gmail.com

Received: 2024-10-28. Accepted: 2024-12-26. Published: 2025-05-21.

Editor: Mauricio Ocampo Ballivian, Bolivia.

Abstract.— Mexico is in fifth place worldwide with 435 species of amphibians, of which 70.6 % are endemic to the country. Within Mexico, Veracruz has the second highest biodiversity after Oaxaca, hosting 122 species of amphibians. A sampling was performed in the locality of Caxuxuman in the municipality of Zozocolco de Hidalgo, Veracruz, located at 210 m .s.l. We recorded 127 amphibians, comprising 12 species, of which five were found in some category of the NOM-059-SEMARNAT-2010 and 11 in the IUCN Red List. Only three species are endemic to the country, and the resulting amphibian diversity according to Hill numbers was moderate, equilibrated and well distributed regarding the structure of the community.

Keywords.— Amphibians, diversity, Hill numbers.

Resumen.— México se encuentra en el quinto lugar a nivel mundial con 435 especies de anfibios de los cuales el 70.6 % son endémicos del país, mientras que Veracruz es el segundo estado a nivel nacional con la mayor biodiversidad nacional después de Oaxaca, albergando 122 especies de anfibios. Se realizaron muestreos de enero a septiembre de 2023 en la localidad de Caxuxuman en el municipio de Zozocolco de Hidalgo, Veracruz ubicado a 210 m s.n.m. donde se obtuvieron 127 registros con una riqueza de 12 especies, de las cuales cinco se encontraron en alguna categoría de la NOM-059-SEMARNAT-2010 y 11 en la Lista Roja de la UICN; tan sólo tres especies son endémicas del país y la diversidad de anfibios resultante de acuerdo a los números de Hill, la diversidad fue moderada, equilibrada y bien distribuida en cuanto a la estructura de la comunidad.

Palabras clave.— Anfibios, diversidad, números de Hill.

INTRODUCCIÓN

Veracruz es el segundo Estado a nivel nacional en riqueza de anfibios, con 122 especies, seguido de Oaxaca con 164 especies (Ramírez-Bautista et al., 2023). Presenta una alta biodiversidad debido a la convergencia entre dos regiones biogeográficas importantes, la Neártica y la Neotropical. Tiene un gran gradiente altitudinal, que va desde los 0 a los 5,000 m.s.n.m., dando como resultado una amplia variedad de condiciones ambientales en las que las especies pueden vivir (CONABIO, 2011; CONABIO, 2021).

Los anfibios son vertebrados caracterizados por su piel altamente vascularizada que les permite el intercambio de gases y por tener un ciclo de vida que puede transcurrir de medio

acuático a terrestre o sólo terrestre con gran humedad ambiental. Este grupo de vertebrados suelen estar representados en nuestra cultura (literatura, joyería, arte, fotografía) y asociarse con magia, sabiduría y vida eterna (Parra-Olea et al., 2014; Hernández, 2022). Sin embargo, a menudo se olvida que son también grandes bioindicadores y brindan servicios ecosistémicos tales como la regulación de plagas al consumir mosquitos que pueden ser vectores de enfermedades para el ser humano, la transmisión de nutrientes de medios acuáticos a terrestres, y su aprovechamiento en la gastronomía. No obstante, sus poblaciones se encuentran en declive y altamente amenazadas debido a factores antropogénicos como la fragmentación del hábitat, sobreexplotación de recursos, introducción de especies

invasoras, descontrol de permisos para colecta científica, crecimiento demográfico, contaminación ambiental, ganadería, carreteras, comercio ilegal y propagación de enfermedades como la quitridiomycosis originada por el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis*, entre otros (Young et al., 2004; Cruz-Elizalde et al., 2017; Torres-Hernández, 2021).

Flores-Villela (2024) realizó una base de datos alojada por la CONABIO sobre la herpetofauna de Veracruz con la finalidad de estudiar la distribución de las especies de anfibios y reptiles en el Estado, sin embargo, siguen existiendo vacíos de información sobre las especies de algunos municipios o localidades dentro de dicha base, pues de acuerdo con ésta, tan sólo hay registro para 92 de los 212 municipios que conforman al Estado. Este trabajo representa el primer listado de anfibios para la localidad de Caxuxuman.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

La localidad de Caxuxuman se encuentra a 3.8 km E de Zozocolco de Hidalgo ($20^{\circ} 8' 56.0004''$ N, $97^{\circ} 32' 28.9998''$ W, Fig. 1) a una altitud de 210 m s.n.m. El municipio se localiza dentro de las provincias fisiográficas Sierra Madre Oriental y Llanura Costera del Golfo, limita al Norte con el municipio de Coxquihui y al Este con el municipio de Espinal. El clima es semicálido húmedo con

lluvias todo el año y cálido húmedo con lluvias todo el año; su rango de temperatura es de $20 - 26^{\circ}\text{C}$, el rango de precipitación anual es de 2,400 a 3,600 mm y cuenta con una vegetación de bosque subtropical perennifolio (INEGI, 2010; SEFIPLAN, 2023).

Trabajo de campo

Se realizaron muestreos con dos personas de enero a septiembre de 2023 con una duración de cuatro días cada mes, en un horario de 8:00 a 13:00 h y 19:00 a 00:00 h, completando un esfuerzo de muestreo de 720 horas hombre en total. La técnica utilizada fue búsqueda libre y sin restricciones empleada por Angulo et al. (2006), examinando de manera minuciosa los microhábitats que se encontraran a lo largo de los senderos en donde se pudiera encontrar anfibiofauna: debajo de troncos, rocas, entre hojarasca, cerca de cuerpos de agua y sobre o debajo de plantas. A todos los organismos capturados se tomaron medidas morfométricas, así como fotografías para su posterior identificación en gabinete de aquellas que se tenían dudas en la identificación en campo. Se registró la fecha de captura, latitud, longitud, altitud y microhábitat en donde se encontraba cada individuo.

Diversidad y riqueza de especies

Se calcularon los tres órdenes de números de Hill para analizar la diversidad de la zona de estudio de manera integrativa basado en lo expuesto por Jost (2006), donde los órdenes se relacionan con la sensibilidad a especies raras y comunes, siendo $q = 0$

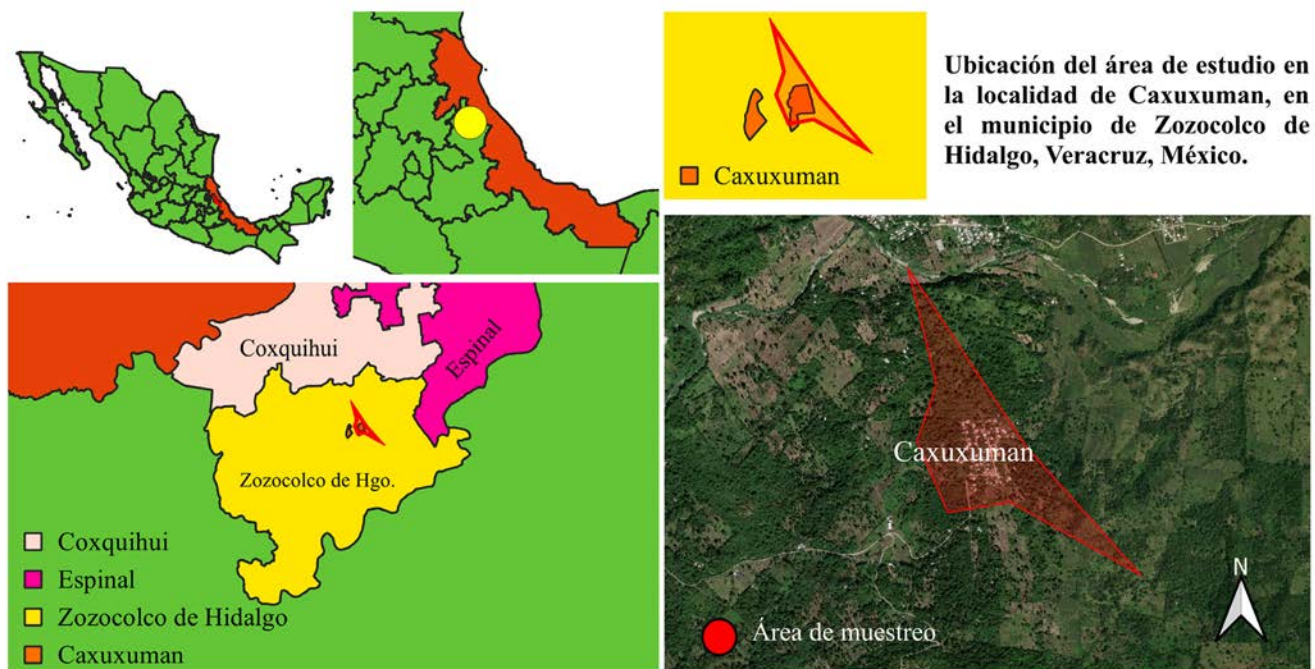


Figure 1. Location map of the study area in the locality of Caxuxuman, in the municipality of Zozocolco de Hidalgo, Veracruz, México.

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio realizado en la localidad de Caxuxuman, en el municipio de Zozocolco de Hidalgo, Veracruz, México.

la riqueza de especies, $q = 1$ las especies más comunes y $q = 2$ las especies dominantes o muy abundantes de acuerdo con la riqueza específica y abundancia de las especies registradas. El procesamiento de datos se realizó con el software iNext Online (Chao et al., 2016).

Cobertura y eficiencia de muestreo

Para determinar la eficiencia del muestreo con base al número de especies registradas y la abundancia total de individuos, se procesaron los datos en el programa iNext Online (Chao et al., 2016) con un intervalo de confianza de 95 % y se elaboró una curva de completitud (Fig.2) para mostrar la cobertura de muestreo (SC), mientras que el porcentaje de las especies esperadas respecto a las observadas se obtuvo con el estimador no paramétrico de Chao1, procesado con el software EstimateS 9.1 (Colwell, 2009).

Estatus de Conservación y Endemismos

Se identificaron los estados de conservación y endemismo de cada una de las especies de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010) y la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2012).

RESULTADOS

Se obtuvieron un total de 127 individuos en la localidad de Caxuxuman, distribuidos en dos órdenes, ocho familias y 12 especies, de las cuales dos pertenecen a Bufonidae, una a Leptodactylidae, una a Eleutherodactylidae, dos a Ranidae, tres a Hylidae y una para Centrolenidae, Microhylidae y Plethodontidae. Las especies con mayor número de individuos registrados son: *Incilius nebulifer* con 50 individuos, *Rhinella horribilis* y *Leptodactylus melanonotus* con 15 individuos (Tabla 1).

La familia con el mayor porcentaje de especies es Hylidae (*Smilisca baudinii*, *Rheohyla miotympanum* y *Scinax staufferi*), mientras que Bufonidae y Ranidae representan el 17 % de las especies totales, y el resto de las familias representan tan sólo un 9 % u 8 % del total (Fig. 4). Además, los tres microhábitats más explotados por los anfibios fueron entre hojarasca, sobre roca, cerca de cuerpo de agua y sobre sustrato.

De acuerdo con los órdenes de números de Hill calculados, se obtuvo un total de 12 especies observadas (q_0), de las cuales tan sólo siete especies son consideradas efectivas en términos

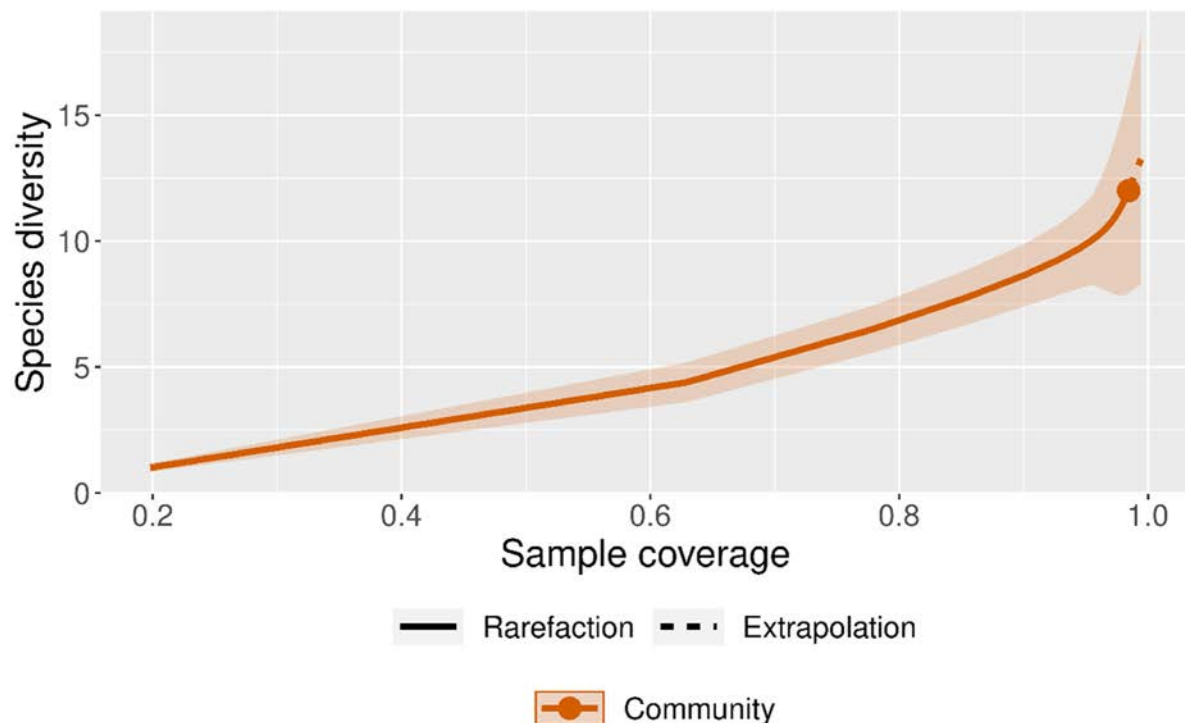


Figure 2. Coverage-based rarefaction and extrapolation sampling curve.

Figura 2. Curva de muestreo de rarefacción y extrapolación basada en la cobertura.

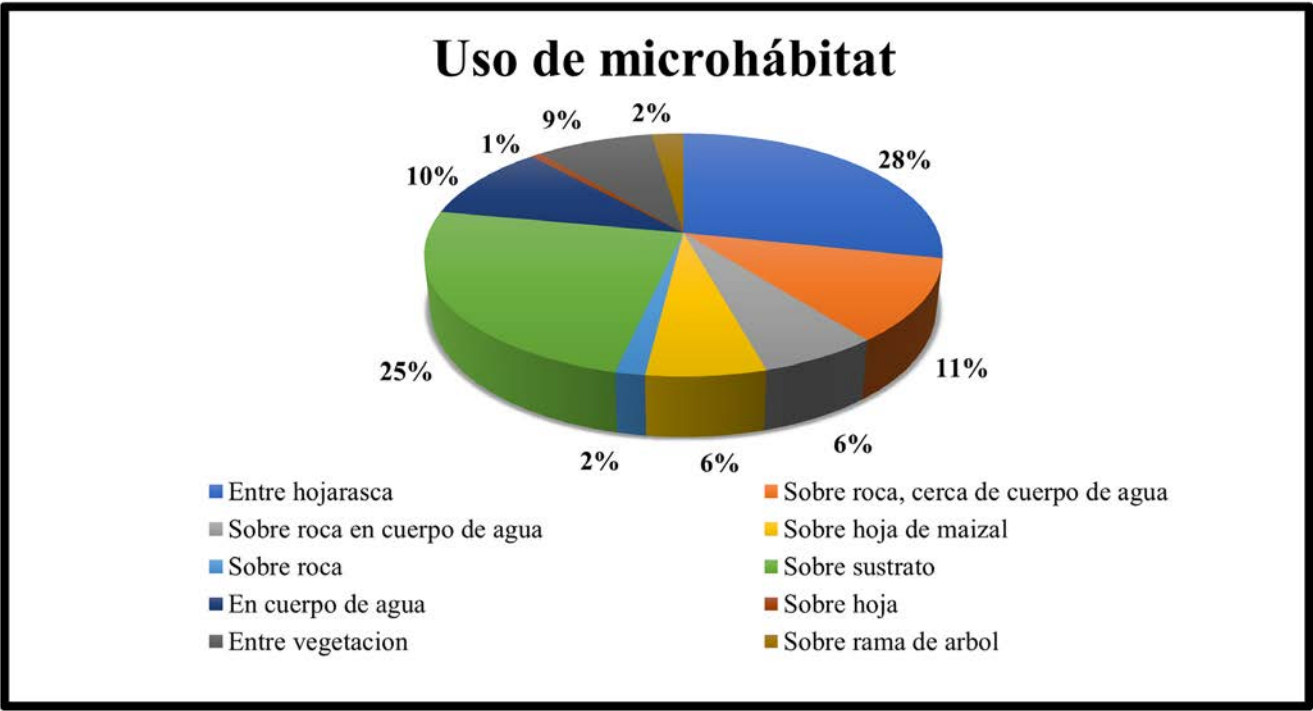


Figure 3. Microhabitat use by the amphibian community recorded during fieldwork in the locality of Caxuxuman, in the municipality of Zozocolco de Hidalgo, Veracruz, México.

Figura 3. Uso de microhábitats de especies registradas durante el trabajo de campo en la localidad de Caxuxuman, en el municipio de Zozocolco de Hidalgo, Veracruz, México.

Table 1. List of amphibian species recorded in the locality of Caxuxuman, in the municipality of Zozocolco de Hidalgo, Veracruz, México. The list arrangement is based on the phylogenetic tree (by family) published by AmphibiaWeb and nomenclature based in Frost and the AMNH (American Museum of Natural History) (Access: October 2024).

Tabla 1. Listado de las especies de anfibios registradas en la localidad de Caxuxuman, en la localidad de Caxuxuman, en el municipio de Zozocolco de Hidalgo, Veracruz, México. A y nomenclatura basada en Frost y el Museo Americano de Historia Natural (Acceso: Octubre 2024).

Orden	Familia	Especie	Abundancia
Caudata	Plethodontidae	<i>Bolitoglossa platydactyla</i>	1
Anura	Hylidae	<i>Smilisca baudinii</i>	6
		<i>Rheohyla miotympanum</i>	10
		<i>Scinax staufferi</i>	3
	Bufonidae	<i>Incilius nebulifer</i>	50
		<i>Rhinella horribilis</i>	15
	Leptodactylidae	<i>Leptodactylus melanonotus</i>	15
	Centrolenidae	<i>Hyalinobatrachium viridissimum</i>	1
	Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus cystignathoides</i>	9
	Microhylidae	<i>Gastrophryne elegans</i>	2
	Ranidae	<i>Rana berlandieri</i>	8
		<i>Rana catesbeiana</i>	7



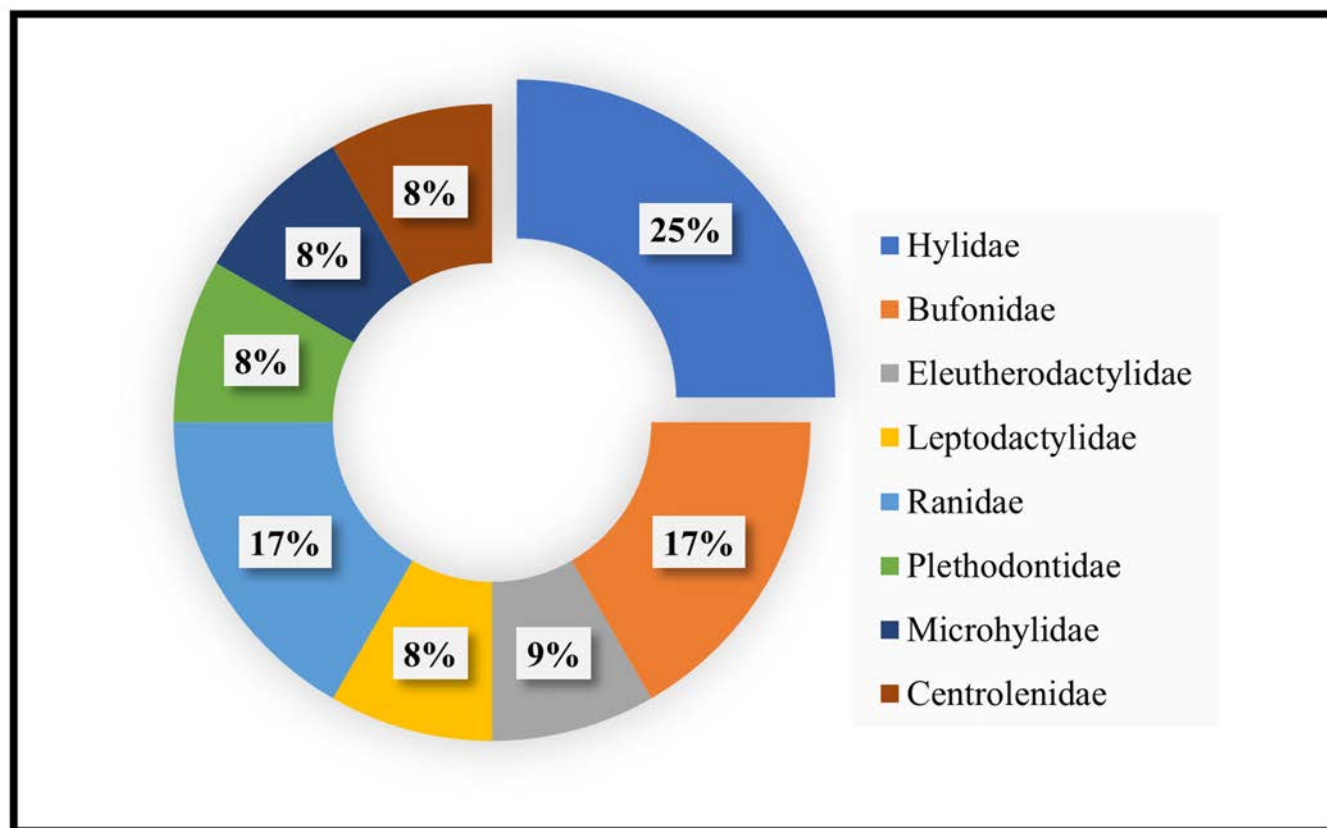


Figure 4. Composition of families recorded during fieldwork in the locality of Caxuxuman, in the municipality of Zozocolco de Hidalgo, Veracruz, México.

Figura 4. Composición de familias registradas durante el trabajo de campo en la localidad de Caxuxuman, en el municipio de Zozocolco de Hidalgo, Veracruz, México.

de especies comunes (q_1), y sólo cinco especies son consideradas como dominantes (q_2).

Respecto a la extrapolación de datos y la curva de completitud, se obtuvo que el porcentaje de especies representadas con respecto a las esperadas fue del 90.5 %. La cobertura de muestreo basada en el tamaño de la muestra ($n = 12$) fue de 0.98, y el valor de Chao 1 (12.49) indica que se observaron el 96.07 % de las especies esperadas, por lo que la mayoría de las especies fueron observadas y la comunidad fue completamente muestreada, pero si el esfuerzo de muestreo hubiera aumentado, se habría encontrado posiblemente una especie adicional. (Roswell, 2021).

De las 12 especies registradas, tres son endémicas de México, cinco se encuentran Sujetas a Protección Especial (Pr) según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010) y once se encuentran categorizadas como Preocupación Menor (LC) según la UICN (2012) (Tabla 3).

DISCUSIÓN

A diferencia de la diversidad reportada por Amaya (2011) en la localidad de Tancoco, Veracruz, en este trabajo se reportan un mayor número de especies de anfibios incluso con vegetación, clima y precipitación similares. De acuerdo con la riqueza obtenida a través del cálculo de los tres órdenes de q , la comunidad cuenta con siete especies efectivas distribuidas de manera homogénea con relación al valor obtenido en qD con orden 1, esto es, la diversidad en la zona de estudio es moderada-alta a comparación de la localidad de Tancoco. Lo anterior puede relacionarse a distintos factores ambientales y antropogénicos como lo es el cambio climático progresivo, una falta de esfuerzo en el muestreo o la dificultad para poder acceder a zonas conservadas. Respecto a la abundancia absoluta resultante, *R. horribilis* e *I. nebulifer* fueron especies con el mayor número de registros en sus individuos, tanto en temporada de lluvias como en temporada de secas, debido a la adaptabilidad de las especies a los cambios de temperatura, humedad y condiciones para llevar a cabo la reproducción, permitiendo que el desarrollo de

Table 2. Endemism to the country and risk categories of the recorded species in the study zone, in the locality of Caxuxuman, in the municipality of Zozocolco de Hidalgo, Veracruz, México. Pr corresponds to the category of Subject to Special Protection and LC to Least Concern.

Tabla 2. Endemismo al país y categorías de riesgo de las especies registradas en el área de estudio en la localidad de Caxuxuman, en el municipio de Zozocolco de Hidalgo, Veracruz, México. Pr corresponde a la categoría "Sujeta a Protección Especial" y LC a Preocupación menor.

Especie	Endemismo	NOM-059-SEMARNAT-2010	UICN
<i>Incilius nebulifer</i>	No endémica	x	LC
<i>Rhinella horribilis</i>	No endémica	x	x
<i>Leptodactylus melanonotus</i>	No endémica	x	LC
<i>Eleutherodactylus cystignathoides</i>	Endémica	x	LC
<i>Rana berlandieri</i>	No endémica	Pr	LC
<i>Rana catesbeiana</i>	No endémica	x	LC
<i>Smilisca baudinii</i>	No endémica	x	LC
<i>Rheohyla miotympanum</i>	Endémica	x	LC
<i>Scinax staufferi</i>	No endémica	Pr	LC
<i>Hyalinobatrachium viridissimum</i>	No endémica	Pr	LC
<i>Gastrophryne elegans</i>	No endémica	Pr	LC
<i>Bolitoglossa platydactyla</i>	Endémica	Pr	LC

esta especie sea más probable a concluirse que la de aquellas con un desarrollo directo como las del género *Eleutherodactylus*, las cuales se encuentran aún más expuestas al hongo quitridio (Páez-Rosales & Ron, 2022; Luedtke et al., 2023).

Por otra parte, el hecho de que *R. horribilis* haya tenido menor registro de individuos que *I. nebulifer*, podría ser indicador de que las poblaciones de las que se alimenta han disminuido debido al alto porcentaje de ganadería y pastizal en la zona, o un declive de la población a manos del hombre, ya que esta especie se ve amenazada por creerse una especie que al tocarla explota, o bien, puede sacar verrugas en las manos al contacto con ella, y, por ende, se les ataca llevándolas a la muerte (Gamboa & Sigala-Rodríguez, 2020). Además, el fenómeno meteorológico El Niño, presente de junio a diciembre de 2023 según Naciones Unidas (2023), pudo haber contribuido a un bajo número de registros de las especies mencionadas, ocasionado por la escasez de lluvia y aumento de las temperaturas, provocando posiblemente un cambio en la dinámica poblacional de los anfibios en cuanto a su natalidad, mortandad, puesta de huevos, encuentros reproductivos, entre otros (ECOSUR, 2023).

Tres de las doce especies fueron raras por sólo registrar de uno a dos individuos por especie, tal es el caso de *Gastrophryne elegans* con dos registros y *Hyalinobatrachium viridissimum* y *Bolitoglossa platydactyla* con tan sólo un individuo. Dichas especies que fueron consideradas como raras debido a su baja abundancia, podrían ser resultado de sus hábitos específicos y poca visibilización, pues *G. elegans* es de hábitos fosoriales y emerge sólo cuando las condiciones ambientales son propicias (Jiménez-Arcos et al., 2024), mientras que *H. viridissimum* y *B. platydactyla* son más arborícolas (AmphibiaWeb, 2024), por lo que acceder a donde se encuentren podría ser complicado. Aunado a lo anterior, los anfibios en general son organismos que no siempre toleran altas temperaturas, y algunos eventos como las sequías, contaminación de hábitat y su fragmentación, comprometen su fisiología y por ende su natalidad y supervivencia (Luedtke et al., 2023).

Los microhábitats más explotados refieren a los requerimientos que necesitan los anfibios para poder vivir, ya que la utilización de la hojarasca sirve como refugio y forma sitios de reproducción al guardar la humedad, evitando la desecación y favoreciendo la supervivencia (García-Solís et al., 2021).



Figure 5. Amphibian species found in the locality of Caxuxuman, in the municipality of Zozocolco de Hidalgo, Veracruz, México from January to September 2023. A) *Incilius nebulifer*, B) *Eleutherodactylus cystignathoides*, C) *Smilisca baudinii*, D) *Gastrophryne elegans*, E) *Hyalinobatrachium viridissimum*, F) *Rhinella horribilis*, G) *Rana berlandieri*, H) *Scinax staufferi*, I) *Rana catesbeiana*, J) *Bolitoglossa platydactyla*, K) *Leptodactylus melanonotus*, L) *Rheohyla miotympanum*. Photos: Karen Nava Salazar.

Figura 5. Especies de anfibios encontradas en la localidad de Caxuxuman, en el municipio de Zozocolco de Hidalgo, Veracruz, México, de Enero a Septiembre de 2023. A) *Incilius nebulifer*, B) *Eleutherodactylus cystignathoides*, C) *Smilisca baudinii*, D) *Gastrophryne elegans*, E) *Hyalinobatrachium viridissimum*, F) *Rhinella horribilis*, G) *Rana berlandieri*, H) *Scinax staufferi*, I) *Rana catesbeiana*, J) *Bolitoglossa platydactyla*, K) *Leptodactylus melanonotus*, L) *Rheohyla miotympanum*. Fotos: Karen Nava Salazar.

CONCLUSIÓN

Se registró una riqueza específica de 12 especies de anfibios en la localidad de Caxuxuman, de las cuales siete son especies efectivas y se representan de manera equitativa abundantemente en la comunidad. De acuerdo con la curva de muestreo de rarefacción y extrapolación basada en la cobertura, el muestreo fue eficiente y sólo se encontraría una especie adicional a las ya registradas. La zona es diversamente importante por lo que se insta a la implementación de estrategias de conservación para este grupo de vertebrados terrestres dentro del área de estudio.

Agradecimientos.– Agradecemos a Luis Canseco-Márquez, por su ayuda en la identificación de algunas especies registradas.

LITERATURA CITADA

- Amaya, H.A.R. 2011. Listado y diversidad de la herpetofauna presente en Tancoco, Veracruz. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. Tlalnepantla de Baz, Estado de México, México.
- Amphibiaweb. 2024. University of California, Berkeley, CA, USA. <https://amphibiaweb.org/> [Consultado en diciembre 2024].
- Angulo, A., J.V. Rueda-Almonacid, J.V. Rodríguez-Mahecha & E. La Marca. 2006. Técnicas de Inventario y Monitoreo para los anfibios de la Región Tropical Andina. Conservación Internacional. Serie Manuales de Campo N.º 2. Panamericana Formas e Impresos S.A., Bogotá D.C., Colombia.
- Balderas-Valdivia, C.J. & A. González-Hernández. 2024. Inventario de la Herpetofauna de México. www.herpetologiamexicana.org/inventario-de-especies/ [Consultado en enero 2024]
- Chao, A., N.J. Gotelli, T.C. Hsieh, E.L. Sander, K.H. Ma, K.R. Colwell & A.M. Ellison. 2014. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs* 84:45-67.
- Chao, A., K. H. Ma & T.C. Hsieh. 2016. iNEXT (iNterpolation and EXTrapolation) Online: Software for Interpolation and Extrapolation of Species Diversity. Program and User's Guide. http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/inext-online/. [Consultado en enero 2024]
- Colwell, R.K. 2009. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1. <http://purl.oclc.org/estimates>. [Consultado en enero 2024]
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2011. La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado. https://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/estudios/ee_veracruz [Consultado en enero 2024]
- Cruz-Elizalde, R., A. Ramírez-Bautista, D.R. Aguillón-Gutiérrez, I. Magno-Benítez & R. Hernández-Austria. 2017. Principales amenazas para la biodiversidad y perspectivas para su manejo y conservación en el estado de Hidalgo: el caso de los anfibios y reptiles. Pp. 577-590. En Ramírez-Bautista, A., A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas & C. Cuevas-Cardona. Biodiversidad del Estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca de Soto, Hidalgo, México.
- ECOSUR. 2023. Anfibios en jaque por el cambio climático. <https://www.ecosur.mx/anfibios-en-jaque-por-cambio-climatico/> [Consultado en diciembre 2024]
- Flores-Villela, O.A. 2024. Herpetofauna del Estado de Veracruz. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <https://doi.org/10.15468/qcgcocoe>. [Consultado en enero 2024]
- Gamboa Arteaga, N.Y. & J.J. Sigala-Rodríguez. 2020. Usos y mitos sobre anfibios y reptiles. Pp. 307-311. En Salazar, M.A., D.L. Higareda., J.C. Medina., K.C.N.Cordero, E.D. Melgarejo (Eds.), La biodiversidad en Zacatecas: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Tlalpan, Ciudad de México, México.
- García-Solís, R.M., P. Herrera-Paniagua & M.Y. Rodríguez-Pérez. 2021. Ranas y sapos, el por qué de su conservación. *Revista Ciencia* 72:64-71.
- Hernández Valdés, E. 2022. La pandemia de los anfibios: el caso del hongo *Batrachochytrium dendrobatidis*. Desde el Herbario CICY 14:36-42.
- INEGI. 2010. Compendio de información geográfica municipal. Zozocolco de Hidalgo, Veracruz de Ignacio de la Llave. <https://bit.ly/4dbjIsX> [Consultado en diciembre 2024].
- IUCN. 2024. The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2024-1. <https://www.iucnredlist.org> [Consultado en marzo 2024].
- Jiménez-Arcos, V., A. Calzada-Arciniega, B. Cortés-Ortiz, C. Gómez-Hurtado & C. Blair. 2024. Description of *Gastrophryne elegans* (Boulenger, 1882) tadpole from the rainforest of Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. *Zootaxa* 5397:146-150.

- Jost, L. 2006. Entropy and Diversity. *Oikos* 113:363-375.
- Luedtke, J.A., J. Chanson, K. Neam, L. Hobin, A.O. Maciel, A. Catenazzi, A. Borzée, A. Hamidy, A. Aowphol, A. Jean, A. Sosa-Bartuano, A. Fong G., A. de Silva, A. Fouquet, A. Angulo, A.A. Kidov, A. M. Saravia, A.C. Diesmos, A. Tominaga, B. Shrestha, B. Gratwicke, B. Tjaturadi, C. CM. Rivera, C. R.V. Almazán, C. Señaris, S.R. Chandramouli, C. Strüßmann, C.F.C. Fernández, C. Azat, C.J. Hoskin, C. Hilton-Taylor, D.L. Whyte, D.J. Gower, D.H. Olson, D.F. Cisneros-Heredia, D.J. Santana, E. Nagombi, E. Najafi-Majd, E.S.H. Quah, F. Bolaños, F. Xie, F. Brusquetti, F.S. Álvarez, F. Andreone, F. Glaw, F.E. Castañeda, F. Kraus, G. Parra-Olea, G. Chaves, G.F. Medina-Rangel, G. González-Durán, H.M. Ortega-Andrade, I.F. Machado, I. Das, I.R. Dias, J.N. Urbina-Cardona, J. Crnobrnja-Isailović, J.H. Yang, J. Jianping, J.T. Wangyal, J.J.L. Rowley, J. Measey, K. Vasudevan, K.O. Chan, K.V. Gururaja, K. Ovaska, L.C. Warr, L. Canseco-Márquez, L.F. Toledo, L.M. Díaz, M.M. H. Khan, M. Meegaskumbura, M.E. Acevedo, M.F. Napoli, M.A. Ponce, M. Vaira, M. Lampo, M. H. Yáñez-Muñoz, M.D. Scherz, M.O. Rödel, M. Matsui, M. Fildor, M.D. Kusrini, M.F. Ahmed, M. Rais, N.G.G. Kouamé, N. García, N.L. Gonwouo, P.A. Burrowes, P.Y. Imbun, P. Wagner, P.J.R. Kok, R.L. Jøglar, R.J. Auguste, R.A. Brandão, R. Ibáñez, R. von May, S.B. Hedges, S.D. Biju, S.R. Ganesh, S. Wren, S. Das, S.V. Flechas, S.L. Ashpole, S.J. Robbleto-Hernández, S.P. Loader, S.J. Incháustegui, S. Garg, S. Phimmachak, S.J. Richards, T. Slimani, T. Osborne-Naikatini, T.P.F. Abreu-Jardim, T.H. Condez, T.R. De Carvalho, T.P. Cutajar, T.W. Pierson, T.Q. Nguyen, U. Kaya, Z. Yuan, B. Long, P. Langhammer & S.N. Stuart. 2023.
- . Ongoing declines for the world's amphibians in the face of emerging threats. *Nature* 6:308-314.
- Naciones Unidas. 2023. Se espera que El Niño dure al menos hasta abril de 2024. <https://news.un.org/es/story/2023/11/1525507> [Consultado en diciembre 2024].
- Páez-Rosales, N. & S.R. Ron. 2022. *Rhinella horribilis*. En Ron, S.R., A. Merino-Viteri & D.A. Ortiz, (Eds.). *Anfibios del Ecuador*. Version 2022.0. <https://multimedia20stg.blob.core.windows.net/guias/Anfibios/15%20-%20Matorral%20Seco%20de%20la%20costa/Amphibia%20Web%20Ecuador%20-%20Matorral%20seco%20de%20la%20costa%20-%20Fichas.pdf> Museo de Zoología,
- Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. [Consultado en marzo 2024].
- Parra-Olea, G., O. Flores-Villela & C. Mendoza-Almeralla. 2014. Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:S460-S466.
- Ramírez-Bautista, A., L.A. Torres-Hernández, R. Cruz-Elizalde, C. Berriozabal-Islas, U. Hernández-Salinas, L.D. Wilson., J.D. Johnson., L.W. Porras, C.J. Balderas-Valdivia, A.J.X. González-Hernández & V. Mata-Silva. 2023. An updated list of the Mexican herpetofauna: with a summary of historical and contemporary studies. *ZooKeys* 1166:287-306.
- Roswell, M., J. Dushoff & R. Winfree. 2021. A conceptual guide to measuring species diversity. *Oikos* 130:321-338.
- SEFIPLAN. 2023. Cuadernillos municipales. Zozocolco de Hidalgo, Veracruz, México. https://cieg.gobiernodigital.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2023/08/Zozocolco-de-Hidalgo.CM_Ver_2023.2.pdf [Consultado en mayo 2025]
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 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, jueves 30 de diciembre de 2010, Ciudad de México, México.
- Torres-Hernández, L.A., A. Ramírez-Bautista, R. Cruz-Elizalde, U. Hernández-Salinas, C. Berriozabal-Islas, D.L. DeSantis, J.D. Johnson, A. Rocha, E. García-Padilla, V. Mata-Silva, L.A. Fucsko & L.D. Wilson. 2021. The herpetofauna of Veracruz, Mexico: composition, distribution, and conservation status. *Amphibian & Reptile Conservation* 15:72-15.
- Young, B.E., S.N. Stuart, J. S. Chanson, N.A. Cox & T.M. Boucher. 2004. Joyas que Están Desapareciendo: el Estado de los Anfibios en el Nuevo Mundo. NatureServe, Arlington, Virginia, EUA.



A CASE OF KYPHOSCOLIOSIS FOUND IN A WILD VIPER *BOTHROPS AMMODYTOIDES* (SERPENTES: VIPERIDAE) FROM THE CENTRAL ANDES OF ARGENTINA

UN CASO DE CIFOESCOLIOSIS ENCONTRADO EN UNA VÍBORA SILVESTRE *BOTHROPS AMMODYTOIDES* (SERPENTES: VIPERIDAE) DE LOS ANDES CENTRALES DE ARGENTINA

Martina Feldman^{1*}, Franco Valdez Ovallez^{1,2}, Yamila Méndez Osorio^{1,2}, Jeremías Luis Villafañe¹, Nicolás Emmanuel Damiani¹, Paola A. Carrasco³ & Rodrigo Gómez Alés^{1,2}

¹Gabinete de Diversidad y Biología de Vertebrados del Árido (DIBIOVA), Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan, Av. José Ignacio de la Roza 590 (Oeste), Rivadavia, San Juan, Argentina.

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

³Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Centro de Zoología Aplicada, Córdoba, Argentina.

*Correspondence: marti.feldman2@gmail.com

Received: 2024-09-10. Accepted: 2025-01-22. Published: 2025-05-21.

Editor: Nicolas Pelegrin, Brasil.

Resumen.– Son varias las osteopatologías frecuentemente reportadas en lagartos y tortugas, pero pocos son los casos registrados en serpientes, mucho menos en vida silvestre. Aquí reportamos por primera vez un caso de cifoescoliosis encontrado en un ejemplar de *Bothrops ammodytoides*, especie de víbora endémica de Argentina, encontrada en una quebrada de los Andes Centrales de San Juan, Argentina. La patología fue confirmada mediante placas radiográficas y podría tratarse de una malformación de origen congénito.

Palabras clave.– Escoliosis, cifosis, columna vertebral, malformación, serpiente.

Abstract.– Several osteopathologies are frequently reported in lizards and turtles; however, few cases have been recorded in snakes, and even fewer in wildlife. Here, we report for the first time a case of kyphoscoliosis found in a specimen of *Bothrops ammodytoides*, a viper species endemic to Argentina, found in a ravine in the Central Andes of San Juan, Argentina. The pathology was confirmed through radiographic imaging, and it could be a malformation with a congenital origin.

Keywords.– Kyphosis, malformation, scoliosis, snake, spinal column

Bone malformations are common among reptiles, particularly in lizards (Avila et al., 2013; Castillo-Juárez et al., 2020; Bateman et al., 2022; Mata-Silva et al., 2023) and Testudines (Rothschild et al., 2012, 2013). However, there is limited information about these types of anomalies occurring in snakes (Sant'Anna et al., 2013). Rarely described spine malformations in serpents include scoliosis (sideways curvature of the spine), kyphosis (dorsal/convex curvature of the spine), kyphoscoliosis (a combination of kyphosis and scoliosis), and lordosis (ventral/concave curvature of the spine) (Garin-Barrio et al., 2011). These malformations may have a genetic, environmental or idiopathic origin (Rothschild et al., 2012). Generally, these types of spinal deformities are associated with anomalies of the scales surrounding the

malformation. If ventral scales are affected, locomotion, digestion or reproduction could be compromised (De Carvalho et al., 2020).

In this study, we report for the first time a malformation found in the snake locally known as 'Yarará ñata', *Bothrops ammodytoides* (Serpentes: Viperidae), a viper species endemic to Argentina with the southernmost distribution in the world, reaching elevations of up to 3,000 m a.s.l. (Carrasco et al., 2010; Scrocchi et al., 2023). *Bothrops ammodytoides* is found across a large portion of the country, inhabiting the Altoandina, Puna, Monte, Chaco Árido and Estepa Patagónica ecoregions (Acosta et al., 2018; Williams & Vera, 2023), primarily in areas with rocky,

sandy, and saline soils (Carrasco et al., 2010; Acosta et al., 2018). It is a viviparous species that feeds on small lizards (Gómez Alés et al., 2013; Zaldúa et al., 2020; Tettamanti et al., 2024), rodents, anurans and birds (Scolaro, 2006; Carrasco et al., 2010; Williams & Vera, 2023).

On December 29, 2023, at 13:20 h, we found a juvenile male of *B. ammodytoides* resting under a rock. We discovered this specimen during a herpetological survey conducted in the Iglesia Department, Province of San Juan, Argentina (30.66886° S, 69.55023° W; WGS 84; 3,122 m a.s.l.) (Fig. 1A). The habitat where the encounter occurred is a ravine in the Andes Mountains, which belongs to the Puna ecoregion. This environment is characterized by a cold and dry climate, with a great daily and seasonal thermal amplitude (−20 to 30 °C throughout the year),

prolonged periods of drought with average annual precipitation between 100 and 200 mm, low partial pressure of oxygen, strong winds, great solar radiation, and frozen soil and thawing depending on the time of year (Márquez et al., 2016; Gómez Alés et al., 2021; Valdez Ovallez et al., 2023, 2024).

Upon discovery, we observed a malformation in the posterior portion of the body with the naked eye (Fig. 1B). We captured the specimen and recorded microhabitat data, including the surface temperature of the rock in contact with the substrate (22.5 °C) and the substrate temperature (27.5 °C), along with body measurements: snout-vent length (161 mm), and tail length (25 mm). We transported the specimen to the laboratory of the Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan (FCEFN-UNSJ) and deposited it in the



Figura 1. Ambiente y especie. A) Cordillera de los Andes, San Juan, Argentina. B) Juvenil macho de la especie *Bothrops ammodytoides*, flecha negra indicando cifoescoliosis. Foto: Martina Feldman.

Figure 1. Environment and species. A) Andes Mountains, San Juan, Argentina. B) Male juvenile of *Bothrops ammodytoides* species, black arrow indicating kyphoscoliosis. Photo: Martina Feldman.

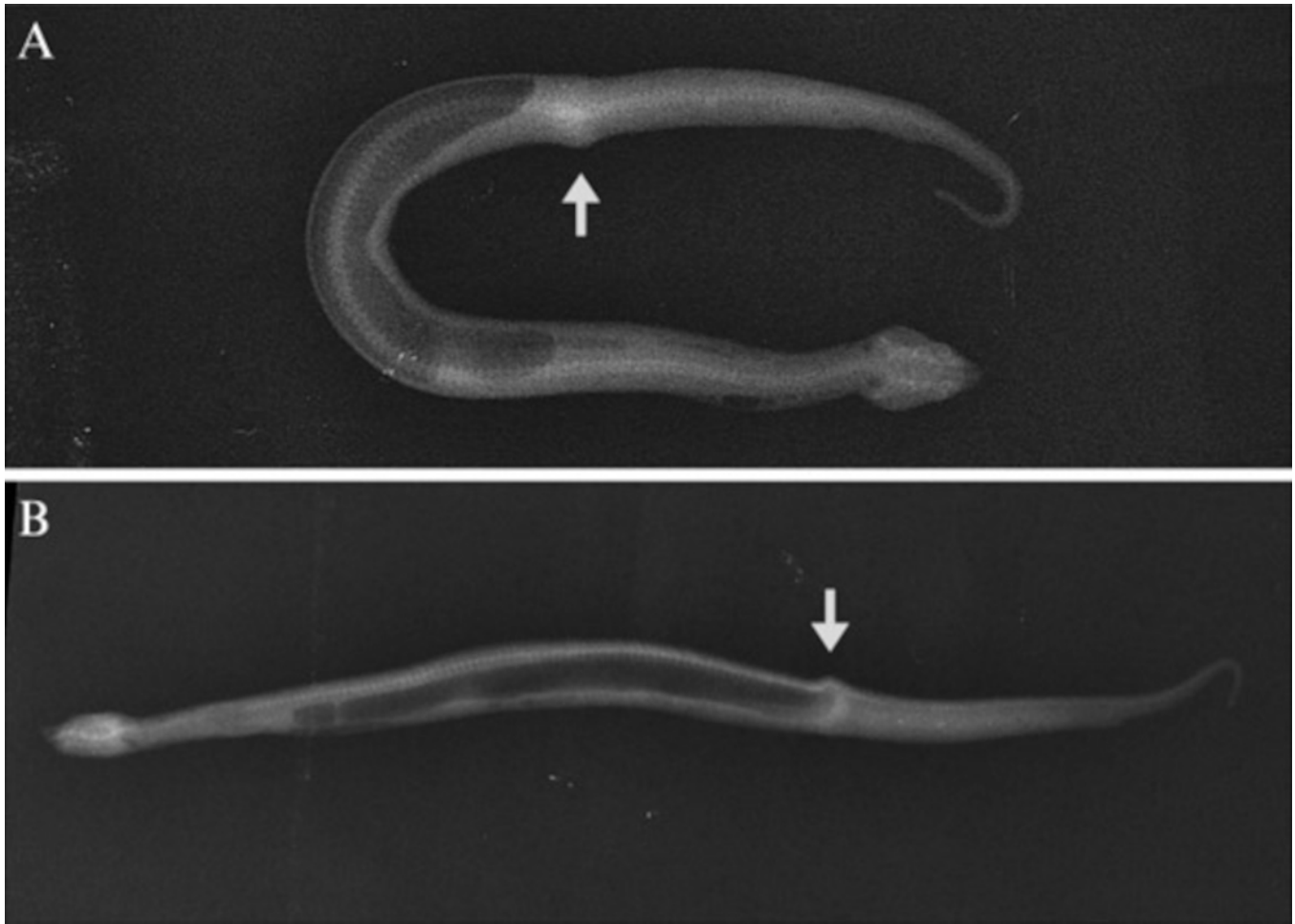


Figura 2. Placas radiográficas de *Bothrops ammodytoides*. A) Radiografía dorsal, flecha blanca indicando escoliosis. B) Radiografía lateral, flecha blanca indicando cifosis. Foto: Martina Feldman.

Figure 2. X-ray plates of *Bothrops ammodytoides*. A) Dorsal radiograph with white arrow indicating scoliosis. B) Lateral radiograph, with white arrow indicating kyphosis. Photo: Martina Feldman.

Herpetological Scientific Collection of FCFN-UNSJ (UNSJ-3705) (Collectors: Feldman M., Gómez Alés R., Méndez Osorio Y., Valdez Ovallez F.). Capture was authorized by the Secretaría de Medio Ambiente, Dirección de Conservación y Áreas Protegidas, Provincia de San Juan (SAyDS N° 1300-000131-2020). For pathology confirmation, dorsal and lateral X-rays were taken, which showed a dorso-ventral and lateral curvature, indicating kyphoscoliosis, located at 42 mm from the cloaca (Fig. 2)

Reports of wild snakes with these types of spinal bone anomalies are scarce (Table 1), and many documented cases involve neonates born in captivity, which are either alive but dying shortly after birth or stillborn (Gray et al., 2003; Sant'Anna et al., 2013; Najbar et al., 2022). This scarcity may explain the low prevalence of scoliosis or kyphosis in wild snakes, as affected

individuals often die before reaching adulthood. The presence of these malformations can compromise aspects such as locomotion, feeding (ingestion of prey and its passage through the digestive system), reproduction, and ecdysis/shedding process (Mulder, 1995). The specimen found in this study appeared healthy and active, with no locomotor difficulties; this may be because malformations located in the caudal segment do not always interfere with the normal development of the individual (also noted by Sant'Anna et al., 2013 and Álvarez et al., 2021).

In conclusion, we report the first case of kyphoscoliosis in *B. ammodytoides*. Given that we found the specimen in a potentially contaminant-free environment and with minimal anthropogenic influence, the malformation is most likely congenital, with

Tabla 1. Casos de escoliosis y cifosis registrados en serpientes.**Table 1.** Scoliosis and kyphosis cases recorded in snakes.

Snakes	Bone malformation type	Sex	Age	Snake status	Health condition	Malformation position in the body	Possible or observed difficulties	Malformation origin	Reference
Viperidae									
<i>Bothrops ammodytoides</i>	Kyphoscoliosis	Male	Juvenile	Wild snake	Healthy	Posterior quarter	No locomotion difficulties	Probably congenital	This record
<i>Bothrops jararaca</i> and <i>Crotalus durissus</i>	Simple and multiple kyphosis, scoliosis and lordosis	Both	Neonates	Born in captivity	Healthy and stillborn	Throughout the body and near the cloaca	Abnormal locomotion	Since they are neonates, origin was probably congenital	Sant'Anna et al. (2013)
<i>Agkistrodon contortrix cantortrix</i>	Scoliosis	Male	Adult	Kept in captivity	Healthy	Anterior third and midbody	Abnormal locomotion	Sequelae produced by septicemic disease	Kiel (1977)
Colubridae									
<i>Arizona elegans occidentalis</i>	Multiple kyphosis and scoliosis	Female	Adult	Wild snake	Healthy	Posterior quarter	Little to no effect on movement and foraging	Congenital origin is suspected	Álvarez et al. (2021)
<i>Natrix natrix</i>	Kyphosis and scoliosis	Both	Neonates	Born in captivity	Stillborn and early neonatal death	Throughout the body	Early death	Exposed to extreme high temperature during incubation	Idrisova & Khairutdinov (2018)
<i>Coronella austriaca</i>	Lordosis	-	Neonates	Born in captivity	Early neonatal death	Tail	Caused early death	Since they are neonates, origin was probably congenital	Najbar et al. (2022)
<i>Thamnophis sirtalis</i>	Multiple scoliosis	-	Neonates	Born in captivity	Stillborn	Throughout the body, especially posteriorly	Caused death before birth	High probability of toxic pollution, also congenital origin is suspected	Gray et al. (2003)

either a genetic or environmental origin (Sant'Anna et al., 2013). Living in a hostile environment, as the Puna, abnormal values or variations of the extreme environmental factors mentioned above may have influenced the development of malformations during the embryonic stage, although this requires further investigation (Bellairs, 1981; Wallach, 2007; Sant'Anna et al., 2013; Idrisova & Khairutdinov, 2018). This appears to be a rare condition and is currently classified as an idiopathic pathology due to its unknown origin. In any case, data on developmental anomalies in wild snakes are limited and need to be increased, including documenting new cases of kyphosis or scoliosis in reptiles, primarily in snakes. Understanding pathologies present in wild populations is a significant contribution to their conservation, as diseases can reduce survival and reproductive success of individuals, while also enhancing our understanding of the biology and ecology of species.

Acknowledgments.– We would like to express our gratitude to Graciela Vega and Ana Romina Cortez Vega for their generosity and hospitality during our field studies. In addition, we thank Enrique Morales for taking the x-rays. We also acknowledge the Environment and Sustainable Development Secretariat of the Province of San Juan for granting the capture permits. This research received support from the National Council for Scientific and Technical Research (CONICET doctoral fellowship, Res. 2262/18, FMVO).

LITERATURE CITED

- Acosta, J.C., G.M. Blanco, R. Gómez Alés, R. Acosta, L.E. Piaggio Kokot, A.E. Victorica Erostarbe, H.J. Villavicencio & G.A. Fava. 2018. Los Reptiles de San Juan. Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.
- Alvarez, J.A., A. Peralta-García, J.H. Valdez-Villavicencio, J.T. Wilcox, N.S. González, M.W. Anderson, R. Anderson, M.C. Bailey, Z. Cava, M. Falicki, E. Gallanty, K.M. Garten, D. Howland & L.T. Myers. 2021. An observation of multiple idiopathic kyphoscoliosis in a free-roaming California glossy snake (*Arizona elegans occidentalis*) in northwestern Baja California, México. *Sonoran Herpetologist* 34:87-89.
- Avila, L.J., C.D. Medina & M. Morando. 2013. *Liolaemus koslowskyi*. Scoliosis and kyphosis. *Herpetological Review* 44:144-145.
- Bateman, P.W., R. Benken, R. Glowacki & R.A. Davis. 2022. A most unusual tail: scoliosis in a wild Australian skink, and reported incidences and suggested causes of similar malformations amongst squamates. *Austral Ecology* 47:723-728.
- Bellairs, A.D.A. 1981. Congenital and developmental diseases. Pp. 469-485. En J.E. Cooper & O.F. Jackson (Eds.), *Diseases of the Reptilia*, Vol. 2. Academic Press, London, UK.
- Carrasco, P., G. Leynaud & G. Scrocchi. 2010. Redescription of the southernmost snake species, *Bothrops ammodytoides* (Serpentes: Viperidae: Crotalinae). *Amphibia-Reptilia* 31:323-338.
- Castillo Juárez, J.L., V. Vásquez Cruz & L.P. Taval Velázquez. 2020. Primer registro de cifoescoliosis en *Sceloporus formosus* (Squamata: Phrynosomatidae) en Veracruz, México. *Cuadernos de Herpetología* 34:257-259.
- De Carvalho, M.P.N., G.A. Lewbart, J. Stewart & J. Wyneken. 2020. Normal and abnormal reptile development. En Garner, M.M. & E.R. Jacobson (Eds.), *Noninfectious Diseases and Pathology of Reptiles*. CRC Press, Boca Ratón, Florida, USA.
- Garin-Barrio, I., I. Sanz-Azkue, A. Gosá & A. Bandrés. 2011. Un caso de cifosis en *Podarcis pityusensis* (Boscá, 1883), lagartija introducida en el peñón de Gaztelugatxe (Bizkaia). *Munibe (Ciencias Naturales-Natur Zientziak)* 59:103-109.
- Gómez Alés, R., M. Olmedo, A. Laspiur, J.C. Acosta, G. Fava & A. Victorica. 2013. *Rhinocerocephis ammodytoides* (Yararanata). *Diet. Herpetological Review* 44:157.
- Gómez Alés, R., J.C. Acosta, F. Valdez, T.A. Martínez, R. Acosta, M.J. Rodríguez Muñoz, R. Fernández & L. Corrales. 2021. Comparative thermal ecophysiology in *Pristidactylus scapulatus* populations from the Puna region of Argentina. *Zoology* 145:125903.
- Gray, B., H.M. Smith & D. Chiszar. 2003. Further anomalies in the litters of a garter snake from a hazardous waste site. *Bulletin of the Chicago Herpetological Society* 38:4-6.
- Idrisova, L.A. & I.Z. Khairutdinov. 2018. The effect of incubation temperature on the morphological features of grass snake *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758) (Ophidia: Colubridae). *Russian Journal of Herpetology* 25:283-292.
- Kiel, J.L. 1977. Spinal osteoarthropathy in two southern copperheads. *The Journal of Zoo Animal Medicine* 8:21-24.
- Marquez, J., E.E. Martinez Carretero & A.D. Dalmasso. 2016. Provincias fitogeográficas de la provincia de San Juan. Pp. 187-197. En E. Martínez Carretero & A. García (Eds.), *San Juan Ambiental*. Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.



- Mata-Silva, V., A. Rocha, M. Jimenez & M. Montoya. 2023. First record of scoliosis in the western marbled whiptail, *Aspidoscelis marmorata* (Baird & Girard, 1852). *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:200-202.
- Mulder, J. 1995. Congenital anomalies in morphology and colour in captive-bred vipers (Reptilia, Serpentes, Viperidae). *Deinsea* 2:41-50.
- Najbar, B., A. Najbar, G. Sapikowski, K. Kolenda & T. Skawiński. 2022. Developmental anomalies in the smooth snake, *Coronella austriaca* Laurenti, 1768 (Squamata, Colubridae) from Poland. *Herpetozoa* 35.
- Rothschild, B.M., H.P. Schultze & R. Pellegrini. 2012. *Herpetological Osteopathology: Annotated Bibliography of Amphibians and Reptiles*. Springer, Dordrecht, Netherlands.
- Rothschild B.M., Schultze H.P. & Pellegrini R. 2013. Osseous and Other Hard Tissue Pathologies in Turtles and Abnormalities of Mineral Deposition. Pp. 501-534. In Brinkman, D., P. Holroyd & J. Gardner (Eds.), *Morphology and Evolution of Turtles*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Sant'Anna, S.S., K.F. Grego, C.A.B. Lorigados, A.C.B.C. Fonseca-Pinto, W. Fernandes, L.C.D. Sá-Rocha & J.L. Catão-Dias. 2013. Malformations in neotropical viperids: qualitative and quantitative analysis. *Journal of Comparative Pathology* 149:503-508.
- Scolaro, J.A. 2006. *Reptiles Patagónicos Norte: una Guía de Campo*. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Argentina.
- Scrocchi, G.J., M.P. Cabrera, J.C. Stazzonelli Sadir & S. Kretzschmar. 2023. *Serpientes del Noroeste Argentino*. Ediciones LBN, Balcarce, Buenos Aires, Argentina.
- Tettamanti, G., A.M. Domínguez, D.G. Vera, D.O. Di Pietro, M.A. Velasco & F.P. Kacoliris. 2024. Depredación de *Liolaemus multimaculatus* (Squamata; Liolaemidae) por *Bothrops ammodytoides* (Squamata: Viperidae) en dunas costeras de Pehuen-Co, Buenos Aires, Argentina. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 7:90-92.
- Valdez Ovallez, F.M., R. Gómez Alés, L. Fayos, J.C. Acosta & G. Fava. 2023. Ampliación del conocimiento sobre la nidificación de *Rhopospina fruticeti* (Passeriformes: Thraupidae) en la Puna del centro-oeste de Argentina. *Acta Zoológica Lilloana* 67:261-268.
- Valdez Ovallez, F.M., R. Gómez Alés, R. Nieva Cocilio, T. Martinez, J.C. Acosta, J. Villavicencio & G. Blanco. 2024. On the oviposition of *Homonota aff. darwinii* in the Puna region of the Central Andes of Argentina. *Turkish Journal of Zoology* 48:98-103.
- Wallach, V. 2007. Axial bifurcation and duplication in snakes: Part 1: A synopsis of authentic and anecdotal cases. *Maryland Herpetological Society* 43:57.
- Williams, J.D. & D.G. Vera. 2023. *Serpientes de la Argentina*. Ediciones LBN, Balcarce, Buenos Aires.
- Zaldua, U.S., M.A. Santillan & H.J. Sarasola. 2020. *Bothrops ammodytoides* (Yararáñata). *Diet. Herpetological Review* 51:859.



THE FIFTH RECORD FOR THE ENDEMIC SNAKE OF GUATEMALA: REDISCOVERY OF *TANTILLA BAIRDI* (SQUAMATA: COLUBRIDAE)

EL QUINTO REGISTRO PARA LA SERPIENTE ENDÉMICA DE GUATEMALA: REDESCUBRIMIENTO DE *TANTILLA BAIRDI* (SQUAMATA: COLUBRIDAE)

J. Renato Morales-Mérida^{1,2,4*}, María José Chang Antillón^{1,3,4}, Rosa A. Roldán^{1,4} & Katarina Hooper¹

¹Escuela de Biología, Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad Universitaria, zona 12, Ciudad de Guatemala, Guatemala.

²Red Mesoamericana y del Caribe para la Conservación de Anfibios y Reptiles (Red MesoHerp Network, <https://redmesoherp.wixsite.com/red-mesoherp>), Ciudad de Guatemala, Guatemala.

³EDGE of Existence Programme, Zoological Society of London, Regent's Park, London, N21 4RY, United Kingdom.

⁴Centro de Datos para la Conservación, Centro de Estudios Conservacionistas, Universidad de San Carlos de Guatemala, Avenida Reforma 0-63 zona 10, Ciudad de Guatemala, Guatemala.

Corresponding author: jrenato9220@gmail.com

Received: 2024-09-10. Accepted: 2025-01-22. Published: 2025-05-29.

Editor: Irene Goyenechea Mayer-Goyenechea, México.

Resumen.— *Tantilla bairdi* es una especie de serpiente de la familia Colubridae que se encuentra únicamente en Guatemala. Hasta el momento solo se contaba con cuatro registros, generando un vacío de información sobre la especie. En este trabajo se presenta el quinto registro para *T. bairdi* y realizamos un modelo de distribución potencial, para predecir el hábitat adecuado para la especie. Aunque los modelos tienden a sobrestimar, se destacan a los bosques nubosos como el hábitat idóneo de la especie. La distribución de esta serpiente está influenciada principalmente por las variables: altitud, rango de temperatura anual, precipitación del mes más húmedo y precipitación del trimestre más seco. Con base en estos resultados, se recomienda realizar esfuerzos de búsqueda de la especie, en el área comprendida entre la Reserva de Biosfera Sierra de las Minas hasta la Sierra de los Cuchumatanes, con el fin de ampliar el conocimiento sobre su ecología y distribución.

Palabras clave.— Conservación, distribución, ecología, registros.

Abstract.— *Tantilla bairdi* is a snake species from the Colubridae family found exclusively in Guatemala. To date only four records of the species had been documented, creating a significant knowledge gap about it. In the present paper, we present the fifth record of *T. bairdi* and develop a potential distribution model to predict suitable habitats for the species. Although the models tend to overestimate, they identify cloud forests as the ideal habitat for the species. The distribution of this snake is primarily influenced by variables such as elevation, temperature annual range, annual precipitation, precipitation of the wettest month, and precipitation of the driest quarter. Based on these findings, we recommend conducting targeted searches for the species in the area between Sierra de las Minas Biosphere and Sierra de los Cuchumatanes to expand our understanding of its ecology and distribution.

Keywords.— Conservation, distribution, ecology, records.

The genus *Tantilla* was described by Baird and Girard (1853) in the description of *Tantilla coronata*. To date, 67 species have been recognized within the genus *Tantilla* (Uetz et al., 2021). All *Tantilla* species are small, secretive, and harmless to humans. They feed on invertebrates and live in habitats such as forests, coffee plantations, and meadows (Köhler, 2008). The genus in Guatemala is well represented by twelve species with vouchered specimens, ranging from lowlands to middle elevations (Köhler, 2008).

Tantilla bairdi is known only from Guatemala (Stuart, 1941). The type specimen is a female collected in 1940 two kilometers from Finca Chichén in Alta Verapaz, Guatemala (Stuart, 1940). The distribution of the species was known only from the type locality until Wilson (1985) published the rediscovery of the species from a specimen collected by P. Lucas Pineda for Jonathan Campbell in a locality 5 km from La Unión Barrios at Agua Zarca, Baja Verapaz, in 1980. After the rediscovery of the species, there

have been only two more records from individuals collected by Eric Smith from Finca San Jorge, Chilascó, Baja Verapaz, in 1994, and by Selvin Pérez and Mateo X. E. from Reserva Privada K'antí Shul, Finca la Esperanza, Senahú, Alta Verapaz, in 1999. Here we present a new record for the species from the Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal, Mario Dary Rivera (BUCQ) in Baja Verapaz, collected 22 years after the last known record, along with a potential distribution model.

During the rainy season of 2021, we carried out nocturnal sampling for amphibians at the Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal, Mario Dary Rivera (BUCQ). The BUCQ is a protected area near Purulhá, Baja Verapaz in Guatemala; it is inside a well-preserved cloud forest that ranges from 1,500 to 2,348 m a.s.l. (CECON & CONAP, 2000). We conducted visual surveys, using head and hand lights to search directly on the ground for a possible microhabitat inside the searching area. We searched inside 100-meter transects with an effort of two people per hour, from 20:00 to 23:00 hr. For the potential distribution model, we used the ENMTML R package (Andrade et al., 2020). We selected the MaxEnt algorithm and used the WorldClim Bioclimatic layers including elevation (Fick & Hijmans, 2017) and the Guatemalan physiographic zones described by Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA by its acronym in Spanish) (MAGA, 2001) to create the potential distribution model for the five records available for *T. bairdi*.

On October 11th, 2021, approximately at 22:30 h, we found a *Tantilla bairdi* at the side of one of the visitors' trails (15.2103° N, 90.2163° W, WGS84) of the Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal (BUCQ). We took the specimen to camp for taxonomic identification since we were able to identify the species but not the species in the field. Unfortunately, the specimen died before we were able to identify the species. The specimen was preserved with 5 % formol and then transferred to 70 % alcohol, and a sample of liver tissue was preserved in 95 % ethanol. We used Köhler (2008) for species identification, and M. E. Acevedo and J. A. Campbell confirmed the identification (Fig. 1). Our individual represents the fifth specimen collected since the description of *T. bairdi* in 1941 and adds a new record to the diversity of the BUCQ (Fig. 2). The specimen was deposited at the Herpetology collection of Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC 6084) and photographic records were deposited in Photography Collection of Universidad de San Carlos de Guatemala (USACF) at the Portal de Biodiversidad de Guatemala (<https://biodiversidad.gt/>).

The potential distribution model (Fig. 3) shows the suitable habitat for the species. The habitat extends from the Lowlands

of northern Guatemala, through the central mountain chain, and across the southern chain of volcanoes. The environmental variables that have the highest explained variance that contribute most to the model are Elevation (27 %), Temperature Annual range (19 %), Annual Precipitation (16%), Precipitation of Wettest Month (14 %), and Precipitation of Driest Quarter (9 %) (Table 1).



Figure 1. Individuo de *Tantilla bairdi*, colectado por María José Chang Antillón. Los códigos son de la Colección de Registros Fotográficos de Vertebrados de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Fotos: Renato Morales.

Figure 1. *Tantilla bairdi* specimen, collected by María José Chang Antillón. Codes are from the Photography Collection of Universidad de San Carlos de Guatemala. Photos: Renato Morales.

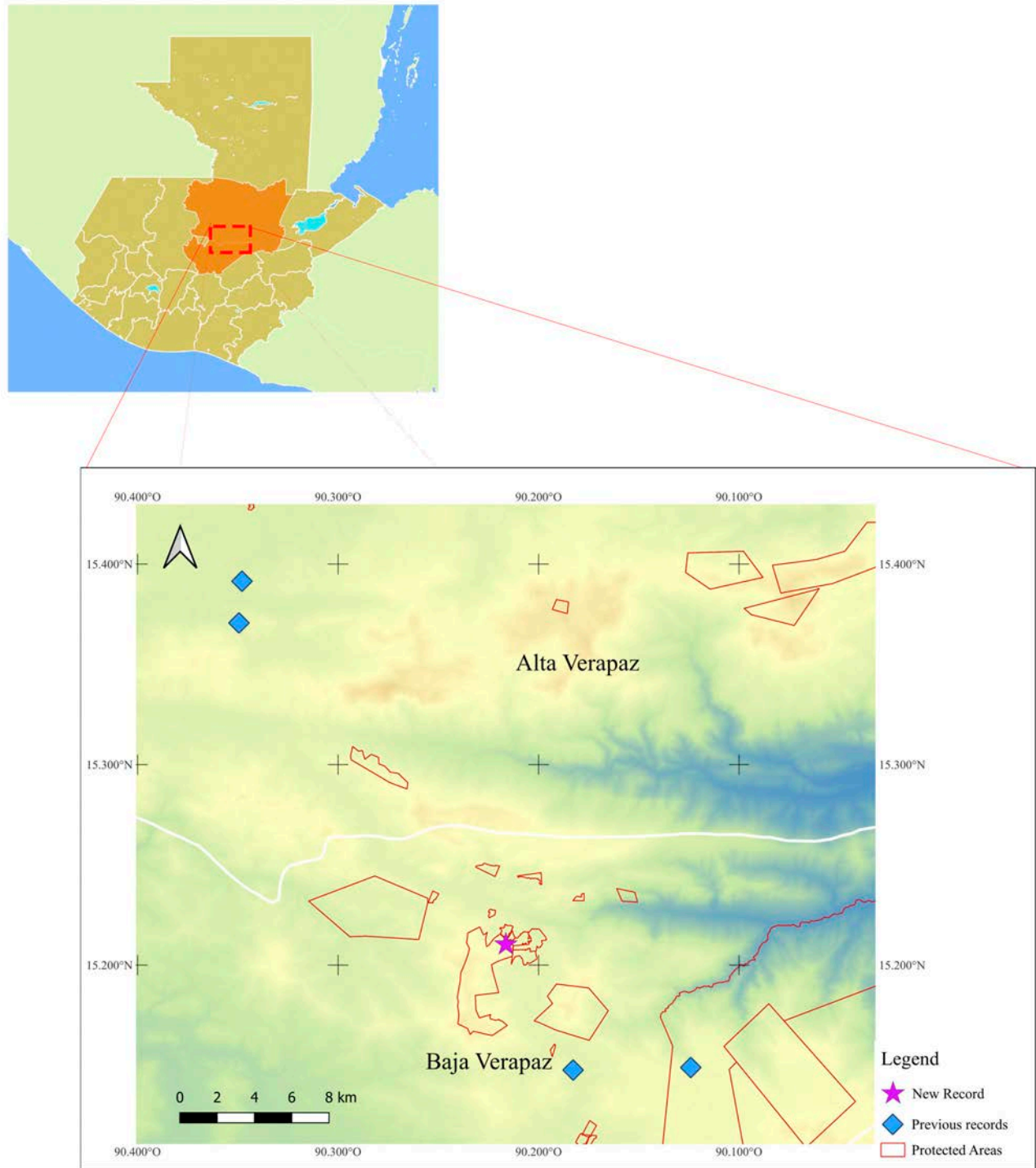


Figura 2. Localidades de los registros antiguos y el nuevo registro de *Tantilla bairdi* en Guatemala. El punto de estrella es para el nuevo registro de *T. bairdi*. Los puntos diamante son para los registros antiguos. Los recuadros rojos son para áreas protegidas en el país.

Figure 2. Location of previous records and new records of *Tantilla bairdi* in Guatemala. The star point is for the new record of *T. bairdi*. The diamond points are for previous records of the species. The red forms are for protected areas.

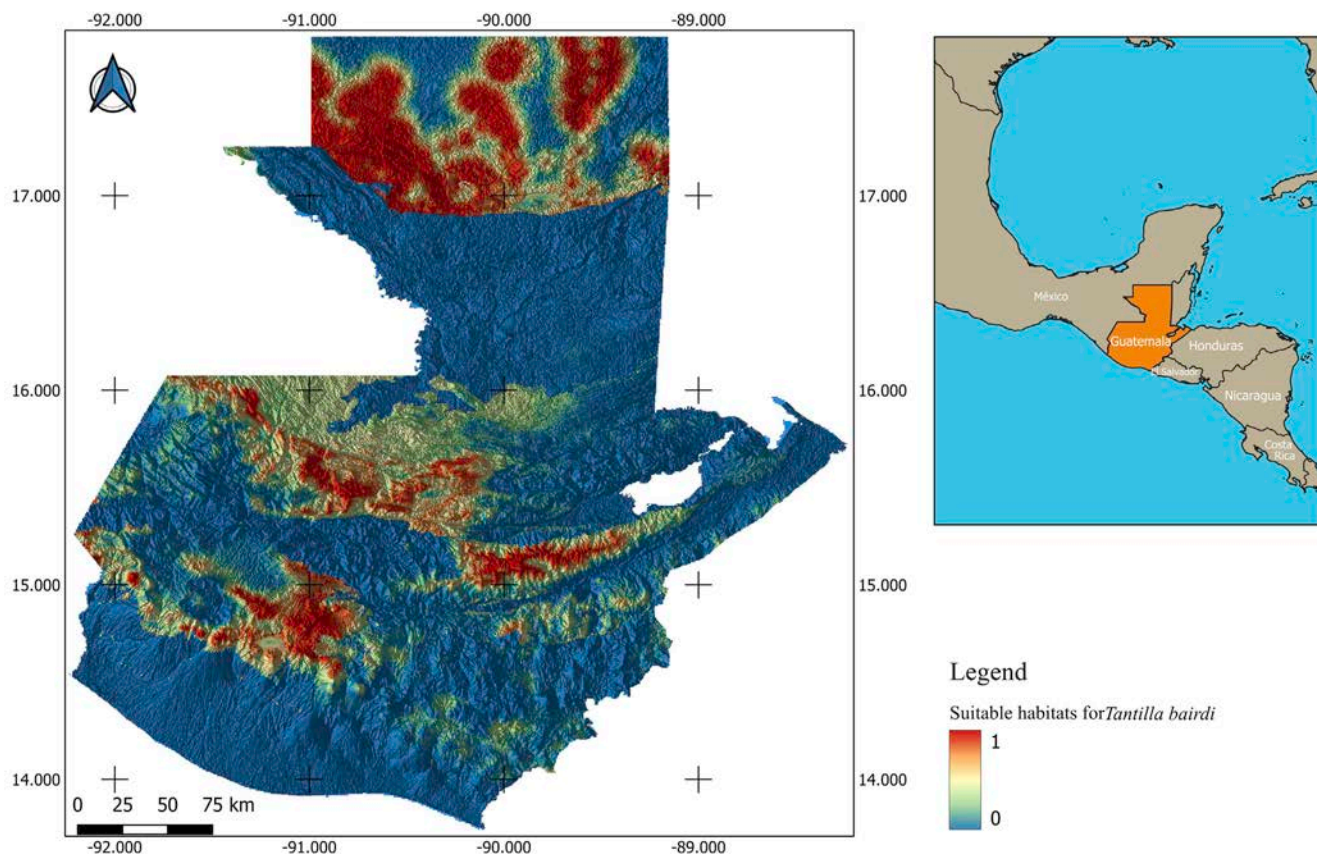


Figura 3. Modelo de distribución potencial para *Tantilla bairdi*. El rango de color es desde azul, baja probabilidad de encontrar hábitat adecuado para la especie a rojo alta probabilidad de encontrar hábitat adecuado para la especie.

Figure 3. *Tantilla bairdi* potential distribution model. The color range goes from blue, low probability of a suitable habitat for the species to red for high suitable habitat for the species.

The most recent record of *Tantilla bairdi* is from 1999, and previously there are only four records in the history of the species. The species is cataloged as Data Deficient in the IUCN Red List of Endangered Species (Johnson et al., 2013) and it is listed as vulnerable in the Guatemalan Endangered Species List (LEA, 2021). Wilson & Mata-Sila (2015) place the species in the physiographic region of the Western Nuclear Central American Highlands. Currently, we know that the distribution of the species is restricted to the departments of Baja Verapaz to Alta Verapaz at elevations 1,500 m to 1,890 m a.s.l. (Stuart, 1941; Wilson, 1985). The habitat for the species can be very humid tropical low montane forest and agroforest habitat and it may be found in deforested areas. The species has been seen only in two protected areas, Biotopo para la Conservación del Quetzal (BUCQ) Purulhá, and Reserva Privada Reserva Privada K'antí Shul, Finca la Esperanza, Senahú. Other records are outside of

Guatemalan's System Protected Areas. The population status is still unknown but now with this record, there are five locations to start a monitoring program, to establish the first approximation of the population status for the species.

For *T. bairdi* potential distribution, the low records and the distance of dates can create an error for the model. Proosdij et al. (2016) a review of the effect of N in the result of the MaxEnt model, shows that MaxEnt can work even with three records depending on the restriction of the species and thirteen records for wide distribution. In the same way, the climatic scale is a problem for small species. Some authors suggest that the scale could be 0.5 km for climatic variables for this type of species, and it's necessary for new methods to create new microhabitat layers, taking the data with data loggers and other instruments (Rholi & Vega, 2017; Paz & Guarnizo, 2019).

Tabla 1. Varianza explicativa de los componentes principales 1 y 2 del Análisis de Componentes Principales. Abreviaturas: Bio 1- Bio 19 (variables ambientales WorldClim), CPL= Cinturón Plegado de Lacandon, DI= Depresión de Izabal, Dist_pob = Distancias a Poblados, DM= Depresión del Motagua, LCP=Llanura Costera del Pacífico, MM= Montañas Mayas, PSY= Plataforma Sedimentaria de Yucatán, PVR=Pendiente Volcánica Reciente, TAC= Tierras Altas Cristalinas, TAS=Tierras Altas Sedimentarias, TAV= Tierras Altas Volcánicas, TBIP=Tierras Bajas Interiores de Petén.

Table 1. Explanatory variance of principal components 1 and 2 of the Principal Component Analysis. Abbreviations: Bio 1- Bio 19 (WorldClim environmental variables), CPL= Lacandon Fold Belt, DI= Izabal Depression, Dist_pob = Distances to Towns, DM= Motagua Depression, LCP=Pacific Coastal Plain, MM= Maya Mountains, PSY= Yucatan Sedimentary Platform, PVR=Recent Volcanic Slope, TAC= Crystalline Highlands, TAS= Sedimentary Highlands, TAV= Volcanic Highlands, TBIP= Petén Interior Lowlands.

Variables	Comp.1	Comp.2
Elevation	0.274634918	0.176387019
Bio1	-0.266398014	-0.18851063
Bio2	-0.270840996	-0.187130977
Bio3	-0.252974293	-0.19295048
Bio4	-0.191644818	0.28020103
Bio5	-0.151811748	0.261519893
Bio6	-0.205511275	0.27261695
Bio7	0.198758746	-0.139769848
Bio8	-0.170527076	0.267792232
Bio9	-0.210565357	0.272320198
Bio10	-0.102948835	0.320517021
Bio11	-0.228839803	0.240366089
Bio12	0.168213096	-0.114424575
Bio13	0.146653794	-0.002516903
Bio14	-0.153084928	-0.023122582
Bio15	-0.252895817	-0.217837214
Bio16	-0.270266397	-0.149673456
Bio17	0.095194405	-0.122762621
Bio18	-0.274255652	-0.177240103
Bio19	-0.274183316	-0.172340336
CPL	-0.081493545	0.01021941
DI	-0.047080428	0.02421284
dist_pob	-0.059349021	-0.138336607
DM	-0.032918648	-0.036066369
LCP	-0.008873842	-0.164715532
MM	-0.013229678	0.032891299
PSY	-0.06070104	-0.198219421
PVR	-0.008868563	0.014947677
TAC	0.064887995	0.007037713
TAS	-0.032164135	0.249436191
TAV	0.195571572	-0.007533232
TBIP	-0.087705714	0.055757689

However, we can use the model as a tool to search for new records. Although the lowlands of northern Guatemala suggest a good habitat for the species according to the model, this species is typically found in cloud forests. For this reason, we recommend searching in the Central Mountain Chain. The search could range from the Sierra de las Minas Biosphere Reserve to Alta Verapaz, Baja Verapaz, Quiché, and Huehuetenango Mountains. The volcanic chain also contains cloud forests, but the evolutionary history of the species may be confined to the Mayan Block.

Acknowledgements.— Manuel E. Acevedo, for providing the correct ID for the species. Centro de Estudios Conservacionistas -CECON-, for the logistic support. CONAP for the license for this research, Serie B, No.01003.

LITERATURE CITED

- Baird, S.F. & C. Girard. 1853. Catalogue of North American Reptiles in the Museum of the Smithsonian Institution. Part 1.-Serpents. Smithsonian Institution, Washington D.C., USA.
- CECON & CONAP. 2000. Plan Maestro Biotopo Universitario “Mario Dary Rivera” para la conservación del quetzal. Guatemala: Centro de Estudios Conservacionistas, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala.
- Fick, S.E. & R.J. Hijmans. 2017. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37:4302-4315.
- Johnson, J., M. Acevedo & Ariano-Sánchez, D. 2013. *Tantilla bairdi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T177581A1493827. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-2.RLTS.T177581A1493827.en>. [Consulted 26 November 2021].
- Köhler, G. 2008. Reptiles of Central America. 2nd Ed. Herpeton, Offenbach, Germany.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería -MAGA-. 2001. Mapa Fisiográfico-Geomorfológico de la República de Guatemala, a escala 1:250,000-Memoria Técnica. Disponible en: <https://www.maga.gob.gt/download/fisiografia.pdf> [Consulted 05 August 2024].
- Paz, A. & Guarnizo, C. 2019. Environmental ranges estimated from species distribution models are not good predictors of lizard and frog physiological tolerances. *Evolutionary Ecology*. 34:89-99.
- Portal de Biodiversidad de Guatemala. 2024. *Tantilla bairdi*. ID de Ocurrencia: 6d2a7ed7-b990-41ba-a83c-c9932a8ed491. <https://biodiversidad.gt/portal/collections/individual/index.php?occid=536739> [Consulted 11 September 2024].
- Proosdij, A., M. Sosef, J. Wieringa & N. Raes. 2016. Minimum required number of specimen records to develop accurate species distribution models. *Ecography* 39:542-552.
- Rholi, R. & R. Vega. 2017. Climatology. 4th ed. Jones & Bartlett Learning. Burlington, Massachusetts, USA.
- Stuart, L.C. 1941. Some new snakes from Guatemala. *Occasional Papers of the Museum of Zoology, University of Michigan* 452:1-7.
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar, R. & J. Hošek (Eds.). 2021. The Reptile Database, <http://www.reptile-database.org>, [Consulted el 26 November 2021].
- Wilson, L.D. 1985. Rediscovery of *Tantilla bairdi* STUART and a definite Guatemalan locality for *Tantilla taeniata* (Bocourt). *Herpetological Review* 16:105.
- Wilson, L.D. & V. Mata-Silva. 2015. A checklist and key to the snakes of the *Tantilla* clade (Squamata: Colubridae), with comments on taxonomy, distribution, and conservation. *Mesoamerican Herpetology* 2:418-498.



HERPETOFAUNAL DIVERSITY OF A NATURAL PROTECTED AREA IN THE ESPINAL REGION OF CENTRAL-EASTERN ARGENTINA

DIVERSIDAD HERPETOFAUNÍSTICA DE UN ÁREA NATURAL PROTEGIDA EN LA REGIÓN ESPINAL DEL CENTRO-ESTE ARGENTINO

Matías E. Martínez¹, Laura C. Sanchez^{2,3*}, Yanina A. Prieto⁴, Malena Maroli³, Quione I. Morguenstern³ & Ana L. Ronchi Virgolini³

¹Instituto de Medicina Tropical (INMeT), ANLIS-Malbrán. Puerto Iguazú, Misiones; Argentina.

²Centro de Investigación Científica y de Transferencia Tecnológica a la Producción, CICYTTP (CONICET - Prov. de Entre Ríos - UADER), Laboratorio de Herpetología. Diamante, Entre Ríos, Argentina.

³Universidad Autónoma de Entre Ríos, Facultad de Ciencia y Tecnología (UADER-FCYT). Diamante, Entre Ríos, Argentina.

⁴Centro de Investigaciones sobre Endemias Nacionales, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Litoral (CIEN-FBCB-UNL). Santa Fe, Argentina.

*Correspondence: lauraceciliass@gmail.com

Received: 2024-10-27. Accepted: 2025-03-25. Published: 2025-05-29.

Editor: María Laura Ponssa, Argentina.

Resumen.— Los anfibios son los vertebrados más amenazados a nivel mundial (41 % de las especies en riesgo), mientras que los reptiles tienen el 21 % de sus especies bajo amenaza. Ambos grupos taxonómicos son indicadores de la salud de los ecosistemas. Estudiamos la herpetofauna de la Reserva de Uso Múltiple Juan Bautista Alberdi (JBAR), Entre Ríos, Argentina, un área natural protegida de la Ecorregión Espinal. Nuestros objetivos fueron: analizar la composición taxonómica de las comunidades herpetofaunísticas; estimar el índice de ocurrencia de especies, y evaluar y comparar las diversidades de Hill ($^{\circ}D$, 1D y 2D) de las comunidades entre diferentes hábitats en la JBAR. Utilizamos seis métodos de muestreo diferentes y registramos 18 especies de herpetozoos. Se detectaron once especies de anfibios, distribuidas en cinco géneros y tres familias. La familia Hylidae presentó la mayor riqueza de especies (cinco especies que representan el 45.4 %), seguida de Leptodactylidae (36.4 %) y Bufonidae (18.2 %). Se detectaron siete taxones de reptiles, pertenecientes a siete familias diferentes, cada una representando el 14.3 % del total. De acuerdo con el índice de constancia de ocurrencia, casi todas las especies fueron raras, conformando el 94.4 % de la comunidad ($n = 17$; < 25 %), mientras que las especies comunes representaron el 5.6 % restante ($n = 1$; > 25 %). La ocurrencia de especies fue significativamente mayor en el Tajamar (TA) en comparación con los otros hábitats (NF: Bosque nativo, EF: Bosque exótico y GR: Pastizal). El Tajamar también exhibió los valores más altos en todas las medidas de diversidad de Hill, mientras los restantes hábitats no mostraron diferencias significativas entre sí en ninguno de los parámetros estudiados. La cobertura de la muestra fue del 84.9 % en TA, 84.6 % en GR, 71.8 % en EF, mientras que NF fue de 54.2 %. Comprender la situación actual de la herpetofauna es clave para diagnosticar y encontrar soluciones a sus problemas actuales y futuros. Esperamos que nuestros aportes resalten el valor del patrimonio natural del JBAR en cuanto relicto de la Ecorregión del Espinal.

Palabras clave.— Anfibios, composición comunitaria, diversidad de Hill, índice de ocurrencia, reptiles.

Abstract.— Amphibians are the most endangered vertebrates worldwide (41 % of the species at risk), while reptiles have 21 % of their species at risk. Both taxonomic groups are indicators of ecosystem health. We study the herpetofauna of the Juan Bautista Alberdi Multiple Use Reserve (JBAR), Entre Ríos, Argentina, a natural protected area of the Espinal Ecoregion. Our aims were: analyze the taxonomic composition of the herpetofaunal communities; estimate the species occurrence index, and evaluate and



compare Hill's diversities ($^{\circ}D$, 1D y 2D) of the communities among different habitats in the JBAR. We used six different sampling methods and we registered 18 herpetofaunal species. Eleven amphibian species were detected, distributed in five genera and three families. The Hylidae family had the highest species richness (five species representing 45.4 %), followed by Leptodactylidae (36.4 %) and Bufonidae (18.2 %). Seven reptile taxa were detected, belonging to seven different families, each representing 14.3 % of the total. According to the occurrence constancy index, almost all species were rare, making up 94.4 % of the community ($n = 17$; < 25 %), while common species accounted for the remaining 5.6 % ($n = 1$; > 25 %). Species occurrence was significantly higher in the Tamar (TA) compared to other habitats (NF: Native Forest, EF: Exotic forest and GR: Grassland). Tamar also exhibited the highest values in all Hill diversity measures, and the other habitats did not show significant differences between each other in any of the studied parameters. Sample coverage was 84.9 % in TA, 84.6 % in GR, 71.8 % in EF, while NF was 54.2 %. Understanding the current situation of herpetofauna is key to diagnosing and finding solutions to both current and future problems. We hope that our contributions highlight the value of the JBAR's natural heritage, as a relic of the Espinal Ecoregion.

Keywords.— Amphibians, community composition, Hill diversity, occurrence index, reptiles.

INTRODUCTION

The changes that ecosystems are undergoing worldwide threaten biodiversity and put at risk the various benefits they provide, including the stability and productivity of ecosystems (Cardinale et al., 2012; Roth-Monzón et al., 2018). Specifically, forest ecosystems have a total area of 4.06 billion hectares, covering 31 % of the Earth's surface. The tropical region has the highest proportion of forests in the world (45 %), followed by the boreal, temperate and subtropical zones (FAO, 2020). Since 1990, 178 million hectares of forest have been lost worldwide (Payn et al., 2015; FAO, 2020). This creates an urgent need to know and understand the biodiversity that forests protect as a tool to promote actions towards their conservation (Cardinale et al., 2012). In particular, amphibians and reptiles are taxonomic groups for which there has been a longstanding concern due to the decline in their populations. Amphibians are considered the most threatened vertebrates globally, with 41 % of their species at risk, while reptiles have 21 % of their species in some category of threat (IUCN, 2024). The main causes of the decline of both amphibians and reptiles are agriculture (annual and perennial crops) and livestock, use of biological resources (e.g., logging and timber harvesting, hunting and trapping of terrestrial animals), and residential and commercial development (in particular, housing construction and urban sprawl) (Cox et al., 2022; Luedtke et al., 2023; IUCN, 2024). Both taxonomic groups have traits that make them good indicators of ecosystem health, making their study of substantial importance (e.g., Weir et al., 2010; Díaz-García et al., 2017). The assemblage of amphibians and reptiles as a whole is therefore of great importance for assessing the state of ecosystems when they have been impacted by anthropogenic activities or by atypical natural events (Suárez González, 2017).

The Espinal, an Ecoregion of the Chaco-Pampeana plain in the southern cone of South America, is characterized by the presence of xerophytic forests dominated by the genus *Prosopis*, which covers an area of 291,941 km², spanning several Argentine provinces (Entre Ríos, Santa Fe, Córdoba, San Luis, Corrientes, La Pampa, and Buenos Aires). Within the Espinal, the northern part of Entre Ríos Province belongs to the Humid Pampean Plains Complex, whose vegetation forms a mosaic of forests in a grassland matrix, interrupted by reeds and riparian forest (Matteucci, 2012). The area has suffered significant impacts due to human activities such as selective logging, deforestation due to agricultural expansion, alterations in the natural fire regime, and the introduction of exotic species. Currently, the remaining Espinal forests are small relics surrounded by agricultural-livestock land, urban constructions, or forest plantations (Lewis et al., 2006; Lewis et al., 2009; Matteucci, 2012; Sione et al., 2024).

The Argentinean Espinal has records of 37 species of amphibians and 60 species of reptiles (Gallardo, 1982; Bosso et al., 1990; Cei, 1993; Peltzer & Lajmanovich, 1999; Peltzer et al., 2005; Giménez et al., 2008; Sanchez et al., 2008; Gangenova et al., 2012). However, there are still many areas within its surface that have not been sampled, therefore the knowledge about specific composition and diversity of herpetofaunal communities remains deficient. Quantifying diversity is the first step to identify and subsequently define information gaps, essential when establishing conservation priorities for the herpetofauna (Charruau et al., 2023). In this sense, intensive sampling in localized geographical areas, such as protected natural areas, provides necessary baseline information for developing management plans to adequately protect their

biological resources, while helping to increase our knowledge of this taxonomic group in the region (Céspedes et al., 2001).

There are several protected natural areas intended to preserve the Espinal Ecoregion in the province of Entre Ríos. Among these are the El Palmar National Park on the eastern side, the General San Martín Park and the Juan Bautista Alberdi Multiple Use Reserve (JBAR) on the western coast. The latter was created in 1992 and declared a cultural heritage site in 2000 (Muzzachiodi, 2002). Recent research has studied its mammal richness (Morguenstern et al., 2023) and has explored the effectiveness of different sampling techniques for amphibians there (Sanchez et al., 2023). In this context, our study presents the first description of the herpetofaunal biodiversity for the Juan Bautista Alberdi Multiple Use Reserve (JBAR), as an attempt to deepen efforts to document and protect its biodiversity. Our aims were: a) describe and compare composition and occurrence frequency of the herpetological community taxa among the different habitats of the JBAR, and b) evaluate and compare Hill's diversities of the communities among these defined habitats.

MATERIALS AND METHODS

Study area

The work was carried out in the JBAR, located at km 10.5 of Provincial Route N° 11, Oro Verde, Entre Ríos, Argentina (Fig. 1). It is located within the Espinal Ecoregion (Matteucci, 2012) and covers an area of 20 hectares. The climate of the region is humid temperate, with an average annual temperature of 18.4 °C and annual precipitation of 1,100-1,200 mm (Pausich et al., 2013).

Four habitats were differentiated in the JBAR: 1) NF: closed forest with predominance of native species (algarrobo blanco *Prosopis alba*, chañar *Geoffroea decorticans*, guayabo colorado *Myrcianthes cisplatensis*, ñangapirí *Eugenia uniflora*); 2) EF: open forest dominated by exotic species (broad-leaf privet *Ligustrum lucidum*, white mulberry *Morus* spp., white cedar *Melia azedarach*); 3) GR: native grassland (cortadera *Cortaderia selloana*, chilcas *Baccharis* spp., with some trees such as chañar *Geoffroea decorticans* and curupí *Sapium haematospermum*); and 4) TA: a permanent lagoon known by locals as "Tajamar". The

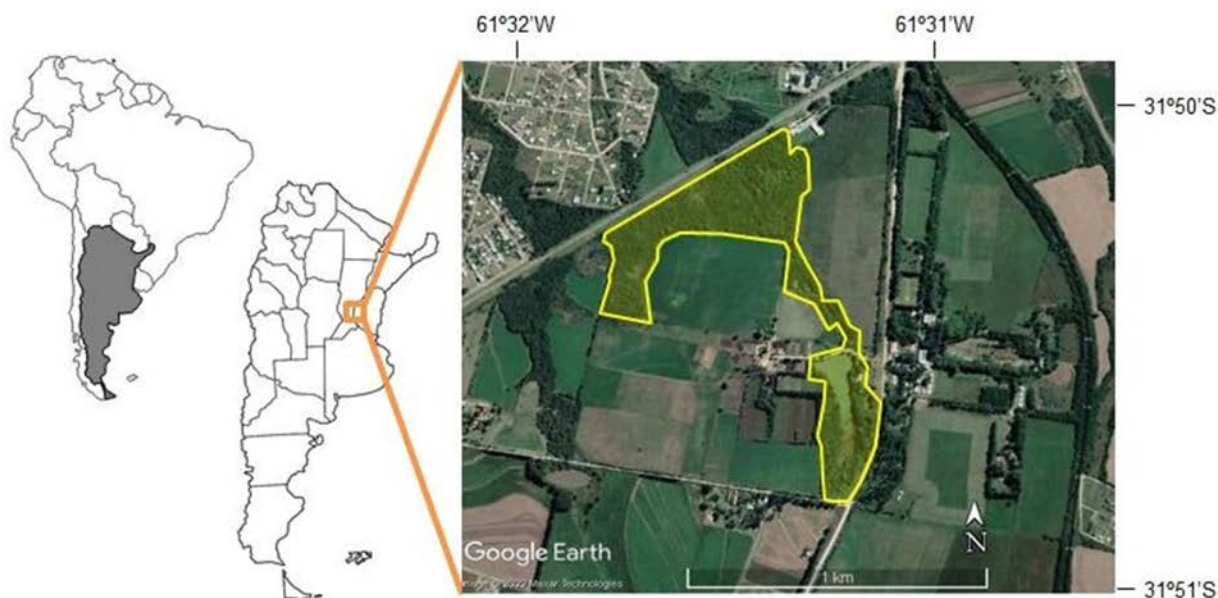


Figura 1. Localización geográfica de la Reserva de Usos Múltiples Juan Bautista Alberdi (JBAR) en el centro-este de Argentina.

Figure 1. Geographic location of the Juan Bautista Alberdi Multiple Use Reserve (JBAR) in central-east Argentina.



Figura 2. Evolución del nivel de agua en el "Tajamar" durante los muestreos realizados en la JBAR.

Figure 2. Evolution of the water level in the "Tajamar" during the samplings carried out in the JBAR.

latter had an area of 2.3 ha at the beginning of the surveys and its shoreline has a vegetation cover mainly composed of giant reed (*Arundo donax*), guayaba (*Psidium guayaba*), ombú (*Phytolacca dioica*), broad-leaf privet (*Ligustrum lucidum*) and yatay palm trees (*Butia yatay*) (Gacciabue & Savino, 2019). In total, seven sampling stations were set up distributed according to the surface of each habitat. Twelve surveys were carried out between December 2021 and April 2023, concentrated mainly in the season of most species activity (spring-summer). The surveys were systematic, and at each sampling station the following herpetofaunistic registration methods were implemented.

Artificial shelters

The artificial shelters consisted of 1.60 x 0.60 m cardboard sheets placed on the ground and secured with stakes to prevent movement. Each cover was checked monthly, and data on ambient temperature and general weather conditions were recorded (Parmelee & Fitch, 1995). In habitats with more than one sampling station, covers were placed at least 50 m apart.

Species inventory

A complete species inventory was conducted by searching all possible microhabitats and natural shelters for herpetofauna. Surveys were carried out during the day on a monthly basis, with sampling effort measured in hours spent per habitat (Scott, 1994).

Pitfall traps

Pitfall traps were set up in transects, with three traps spaced 10 m apart in each transect. They were activated once a month and checked after three days (according to Sanchez et al., 2023).

Surveys

Acoustic and visual surveys were conducted by walking transects at sampling stations between 20:00 h and 23:00 h. In each station we done a 100-meter transect with acoustic survey points every 10 m. The same design was used for visual surveys (Sanchez et al., 2023).

Larval sampling

For larval sampling, daytime inspections were conducted at the ponds and internal pools of the JBAR with accumulated water. The net sampling method was applied (U.S. EPA, 2002) and a transect design was implemented with dipping points located every 10 m (Sanchez et al., 2023). Those larvae that could not be identified in the field were collected and preserved following the guidelines of ASIH et al. (2004) and the specific guidelines on animal euthanasia published in Underwood & Anthony (2020). It should be noted that the region experienced a drought stress situation during the sampling period, which worsened in mid-2022. As a result, the internal pools quickly dried up, and even the Tajamar dried up completely by October 2022 (Fig. 2).

Each recorded individual was taxonomically identified. In adults, this identification was carried out through external

morphological characteristics using previously published literature (e.g., Ceí, 1980, 1986, 1993), and in the case of vocalizing anurans, through their species-specific calls, comparing them with sound reference guides (e.g., Straneck et al., 1993). The larvae, on the other hand, were analyzed under a Nikon SMZ 1000 binocular stereoscopic microscope with Nikon NI-150 epi-illumination, and taxonomic determination was made following descriptions provided by various authors for species in the region (Kehr & Williams, 1990; Rossa-Feres & Nomura, 2006; Vera-Candioti, 2007). Subsequently, they were included as voucher specimens in the Herpetological Collection of the Center for Scientific Research and Technological Transfer to Production, Diamante, Entre Ríos (CICYTTP-CONICET; acronym DIAM).

Statistical analysis

Due to the multiplicity of sampling methods employed and the variety of taxa addressed, data of incidence were used for statistical analyses. The occurrence of recorded species was evaluated using the occurrence index (Dajoz, 2005), by adding the positive registration data for each species over the 12 samplings and classifying the species as rare (present in < 25 % of samples), common (present in 25 to 50 % of samples), or abundant (present in > 50 % of samples). It was studied whether the habitat (NF, EF, GR, TA) or the taxonomic group (Amphibia, Reptilia) (predictor variables) had an effect on the occurrence index (response variable). Generalized linear models (GLM) were used, employing the "logarithm" link function with negative binomial error distribution due to the nature of the response variable (discrete variable with overdispersion). Applying the corrected Akaike information criteria for small samples (AICc) (Burnham & Anderson, 2002; Bartoń, 2024), all possible models were classified according to their AICc values and Akaike weights (wi). This process was implemented using the dredge function in the MuMIn package of R (Bartoń, 2024). Only in the case that no model exceeded a $w_i = 0.6$, Multiple Model Inference (MMI) was performed using the model.avg function of the MuMIn package and the best final model was selected (Burnham & Anderson, 2002). Tukey contrasts were performed to analyze significance between different categories within the same predictor variable.

Finally, we calculated Hill diversities of order $q = 0$ (0D = species richness), $q = 1$ (1D = Shannon entropy exponential), and $q = 2$ (2D = Simpson's inverse index) (Hill, 1973; Jost, 2006) to compare species diversity among the four habitats. For each Hill diversity measure, a rarefaction curve based on incidence data was constructed (following Chao et al., 2014). In this way, diversity estimates and associated 95 % confidence intervals for rarefaction and extrapolation curves were obtained, based on the bootstrap method with 1,000 iterations. Additionally, sample

completeness in each habitat was estimated using the concept of sample coverage, following Chao et al. (2014). All statistical analyses were performed using R software version 4.4.1 (R Core Team, 2024), and the car (Fox & Weisberg, 2019), iNEXT (Hsieh et al., 2022), and ggplot2 (Wickham, 2016) libraries were used.

RESULTS

Eighteen herpetofaunal species were recorded. The amphibians included 11 species distributed in five genera and three families. The family Hylidae had the highest species richness (five species, 45.4 %), followed by Leptodactylidae (four species, 36.4 %) and Bufonidae (two species, 18.2 %). As for the reptiles, the seven taxa detected belonged to seven different families, each representing 14.3 % (Table 1).

According to the index of occurrence constancy (Table 1), almost all species were rare, constituting 94.4 % of the community ($n = 17$; <25 %), while the common species represented the remaining 5.6 % ($n = 1$; >25 %). There was no single generalized linear model that explained the occurrence of species (Table 2) and since none of the models reached a w_i greater than 0.6, inference of multiple models was performed. This process showed that the predictor variable "Habitat" best explained the occurrence of species (Table 3). Tukey's post hoc tests revealed that species occurrence was significantly higher in TA compared to the rest of the habitats analyzed (Table 4; Fig. 3).

The TA habitat also exhibited the highest values in all Hill diversity measures (Table 5). The confidence intervals do not overlap between TA and the rest of the habitats for any of the three Hill numbers analyzed (0D , 1D , and 2D), indicating significant differences at a 5 % level. On the other hand, NF, EF, and GR do not show relevant differences between each other in any of the parameters studied (Fig. 4). The sample coverage was 84.9 % in TA, 84.6 % in GR, 71.8 % in EF, while in NF it was 54.2 %.

DISCUSSION

Within the Espinal, the Humid Pampean Plains Complex covers an area of 41,913 km² (Matteucci, 2012). In the present study, we detected 30 % of the amphibian species and 12 % of the reptile species recorded for the Entre Ríos Espinal (Gallardo, 1982; Bosso et al., 1990; Ceí, 1993; Peltzer & Lajmanovich, 1999; Peltzer et al., 2005; Giménez et al., 2008; Sanchez et al., 2008; Gangenova et al., 2012). Although previous studies in other protected areas of the region show a greater species richness, such as in the General San Martín Park, where 21 species of amphibians were cited for 594 ha (Peltzer et al., 2005), and El Palmar National Park, where

Tabla 1. Lista de especies de anfibios y reptiles, hábitats donde fueron registradas y clasificación obtenida a partir del índice de ocurrencia, para la Reserva de Uso Múltiple Juan Bautista Alberdi (JBAR), centro-este de Argentina, desde diciembre/21 hasta abril/23. NF, Bosque Nativo; EF, Bosque Exótico; GR, Pastizal Nativo; TA, Tajamar.

Table 1. List of amphibian and reptile species, habitats where they were recorded, and classification obtained from the occurrence index, for the Juan Bautista Alberdi Multiple Use Reserve (JBAR), central-eastern Argentina, from December/21 to April/23. NF, Native Forest; EF, Exotic Forest; GR, Native Grassland; TA, Tajamar.

Family	Species	Habitat	Occurrence index
Amphibians			
Bufonidae	<i>Rhinella diptycha</i>	NF, TA	Rare
	<i>Rhinella dorbignyi</i>	NF, EF, GR, TA	Common
Hylidae	<i>Boana pulchella</i>	TA	Rare
	<i>Dendropsophus nanus</i>	TA	Rare
	<i>Dendropsophus sanborni</i>	TA	Rare
	<i>Scinax acuminatus</i>	TA	Rare
	<i>Scinax nasicus</i>	TA	Rare
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus gracilis</i>	TA	Rare
	<i>Leptodactylus latinasus</i>	GR, TA	Rare
	<i>Leptodactylus macrosternum</i>	TA	Rare
	<i>Leptodactylus mystacinus</i>	NF, EF, TA	Rare
Reptiles			
Alligatoridae	<i>Caiman latirostris</i>	TA	Rare
Teiidae	<i>Salvator merianae</i>	TA	Rare
Gymnophthalmidae	<i>Cercosaura schreibersii</i>	GR	Rare
Scincidae	<i>Aspronema dorsivittatum</i>	GR	Rare
Colubridae	<i>Oxyrhopus rhombifer</i>	GR	Rare
Chelidae	<i>Phrynops hilarii</i>	TA	Rare
Emydidae	<i>Trachemys dorbigni</i>	TA	Rare

Tabla 2. Resumen de los resultados de la selección de modelos explicativos de la ocurrencia de especies herpetofaunísticas para la Reserva de Uso Múltiple Juan Bautista Alberdi (JBAR), centro-este de Argentina, en relación al hábitat, al grupo taxonómico y a la interacción entre ambos. Los modelos se muestran en orden decreciente de importancia según sus valores de AICc (criterio de información de Akaike corregido para muestras pequeñas) y $\Delta AICc$ (diferencia en el valor de AICc de cada modelo respecto al valor de AICc del mejor modelo, que es el de menor valor de AICc). Wi, Peso de Akaike; logLik, logaritmo de la verosimilitud; df, grados de libertad.

Table 2. Summary of the results of the selection of models explaining the occurrence of herpetofauna species for the Multiple Use Reserve Juan Bautista Alberdi (JBAR), central-east Argentina, in relation to the habitat, taxonomic group, and the interaction between both. The models are shown in decreasing order of importance according to their AICc values (Akaike's corrected information criterion for small samples) and $\Delta AICc$ (difference in AICc value of each model relative to the AICc value of the best model, which is the one with the lowest AICc value). Wi, Akaike weight; logLik, logarithm of the likelihood; df, degrees of freedom.

Model	df	logLik	AICc	$\Delta AICc$	wi
Habitat, Group	6	-72.417	158.1	0.00	0.580
Habitat, Group, Habitat*Group	9	-69.387	159.7	1.55	0.267
Habitat	5	-74.941	160.8	2.66	0.153
Group	3	-84.637	175.6	17.50	0.000
Null model	2	-86.631	177.4	19.31	0.000

22 species of amphibians and 28 species of reptiles were found in its 8,500 ha (Gallardo, 1982; Gangenova et al., 2012), it should be noted that our results correspond to a much smaller area of only 20 ha.

The marked difference found for species occurrence values and for all measures of hill diversity between the Tajamar area (TA) and the rest of the habitats is noteworthy. Regarding amphibians, 11 species were found in TA. This habitat was the only one in which exclusive species were recorded, which consisted of frogs from the Hylidae family (*Boana pulchella*, *Dendropsophus nanus*, *D. sanborni*, *Scinax acuminatus*, and *S. nasicus*) and two species from the Leptodactylidae family (*Leptodactylus gracilis* and *L. macrosternum*). The most generalist species turned out to be *Rhinella dorbignyi*, which was present in all four habitats, and *L. mystacinus*, found in three of them (all except the Native Grassland). These generalist species have been previously associated with different types of habitats, including sites with varying degrees of anthropogenic disturbance (Sanchez et al.,

Tabla 3. Parámetros estimados por la inferencia de múltiples modelos (MMI) para explicar la variación en la ocurrencia de especies herpetofaunísticas para la Reserva de Uso Múltiple Juan Bautista Alberdi (JBAR), centro-este de Argentina, en relación al hábitat, el grupo taxonómico y la interacción entre ambos. Se muestran los límites inferior y superior de los intervalos de confianza del 95 % para las variables explicativas. Las probabilidades se expresan en la escala del predictor lineal (Log de la media). NF, Bosque Nativo; EF, Bosque Exótico; GR, Pastizal Nativo; TA, Tajarar. AMPHIBIA+NF es el valor predeterminado en el intercepto de nuestros modelos.

Table 3. Parameters estimated by the inference of multiple models (MMI) to explain the variation in the occurrence of herpetofauna species for the Juan Bautista Alberdi Multiple Use Reserve (JBAR), center-east of Argentina, in relation to the habitat, the taxonomic group, and the interaction between both. The lower and upper limits of the 95 % confidence intervals for the explanatory variables are shown. Probabilities are expressed on the scale of the linear predictor (Log of the mean). NF, Native Forest; EF, Exotic Forest; GR, Native Grassland; TA, Tajarar. AMPHIBIA+NF is the default value in the Intercept of our models.

Explanatory variable	Estimated parameter	Confidence Interval	
		Lower	Upper
(Intercept)	-1.224	-2.379	0.068
Habitat - EF	-0.284	-1.95	1.382
Habitat - GR	0.91	-0.579	2.4
Habitat - TA	2.304	1.061	3.548
Group - REPTILIA	-6.599	-5111.139	5097.94
Habitat - EF: Group -REPTILIA	0.287	-12854.98	12855.56
Habitat - GR: Group -REPTILIA	19.049	-9071.003	9109.103
Habitat - TA: Group -REPTILIA	17.44	-9072.613	9107.494

2013; Medina et al., 2016; López et al., 2022; IUCN, 2024). Reptiles show a similar pattern, with TA presenting the greatest species richness, with four exclusive species: *Caiman latirostris*, *Salvator merianae*, *Phrynosoma hilarii* and *Trachemys dorbigni*.

These differences found between TA and the rest of the habitats could reflect the situation of drought stress and low rainfall that persisted in the region between late 2019 and early 2023 (Wingeyer et al., 2022; Mazzón & Rafaelli, 2023). This exceptional circumstance resulted in the temporary drying up of water bodies in the JBAR, and for most of the sampling period, the only environment with remaining water was the Tajarar. Also it is expected that this particular climatic reality conditioned the movements of individuals, reducing the

Tabla 4. Parámetros estimados, valores Z y P, para los contrastes post hoc de Tukey que analizan la ocurrencia de especies herpetofaunísticas para la Reserva de Uso Múltiple Juan Bautista Alberdi (JBAR), centro-este de Argentina, en relación al hábitat. NF, Bosque Nativo; EF, Bosque Exótico; GR, Pastizal Nativo; TA, Tajarar. *, valores estadísticamente significativos.

Table 4. Estimated parameters, Z and P values, for Tukey's post hoc contrasts analyzing the occurrence of herpetofauna species for the Juan Bautista Alberdi Multiple Use Reserve (JBAR), center-east of Argentina, in relation to the habitat. NF, Native Forest; EF, Exotic Forest; GR, Native Grassland; TA, Tajarar. *, statistically significant values.

Habitats	Estimated parameter	Z value	P
EF - NF	-0.288	-0.344	0.985
GR - NF	1.012	1.498	0.429
TA - NF	2.351	3.771	<0.001 *
GR - EF	1.299	1.769	0.280
TA - EF	2.639	3.841	<0.001 *
TA - GR	1.340	2.796	0.026 *

Tabla 5. Valores de diversidad de Hill ($q = 0, 1, 2$) obtenidos para los cuatro hábitats relevados en la Reserva de Uso Múltiple Juan Bautista Alberdi (JBAR). NF, Bosque Nativo; EF, Bosque Exótico; GR, Pastizal Nativo; TA, Tajarar

Table 5. Hill diversity values ($q = 0, 1, 2$) obtained for the four habitats surveyed in the Juan Bautista Alberdi Multiple Use Reserve (JBAR). NF, Native Forest; EF, Exotic Forest; GR, Native Grassland; TA, Tajarar.

Habitat	0D	1D	2D
NF	3	2.828	2.667
EF	2	1.890	1.800
GR	5	4.114	3.457
TA	15	10.733	8.481

probability of their detection in the other dried up studied areas as NF, EF, and GR (Martín et al., 2023). The Tajarar area may have served as an important water reservoir for the different species of amphibians and reptiles that depend on it. As a result, the greater activity recorded in this habitat translated into higher abundance and diversity values. Finally, in October 2022, Tajarar also dried up, an unprecedented event in the

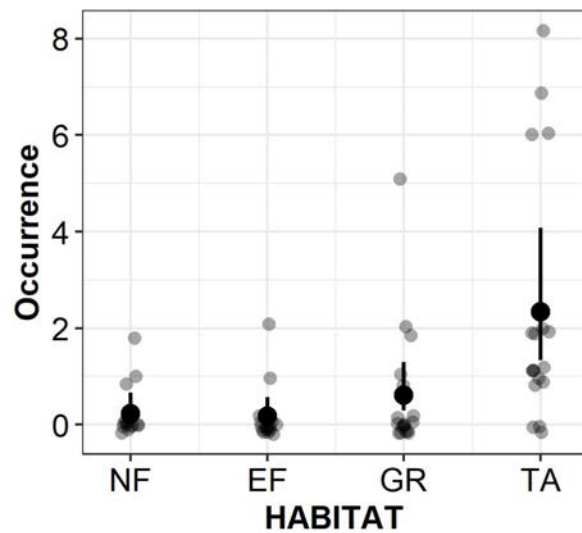


Figura 3. Valores predichos por el modelo seleccionado de ocurrencia de especies herpetofaunísticas para la Reserva de Uso Múltiple Juan Bautista Alberdi (JBAR), centro-este de Argentina, en relación al hábitat. Las barras de error están graficadas en negro. NF, Bosque Nativo; EF, Bosque Exótico; GR, Pastizal Nativo; TA, Tajamar.

Figure 3. Predicted values by the selected model of herpetofauna species occurrence for the Juan Bautista Alberdi Multiple Use Reserve (JBAR), central-east Argentina, in relation to the habitat. Error bars are plotted in black. NF, Native Forest; EF, Exotic Forest; GR, Native Grassland; TA, Tajamar.

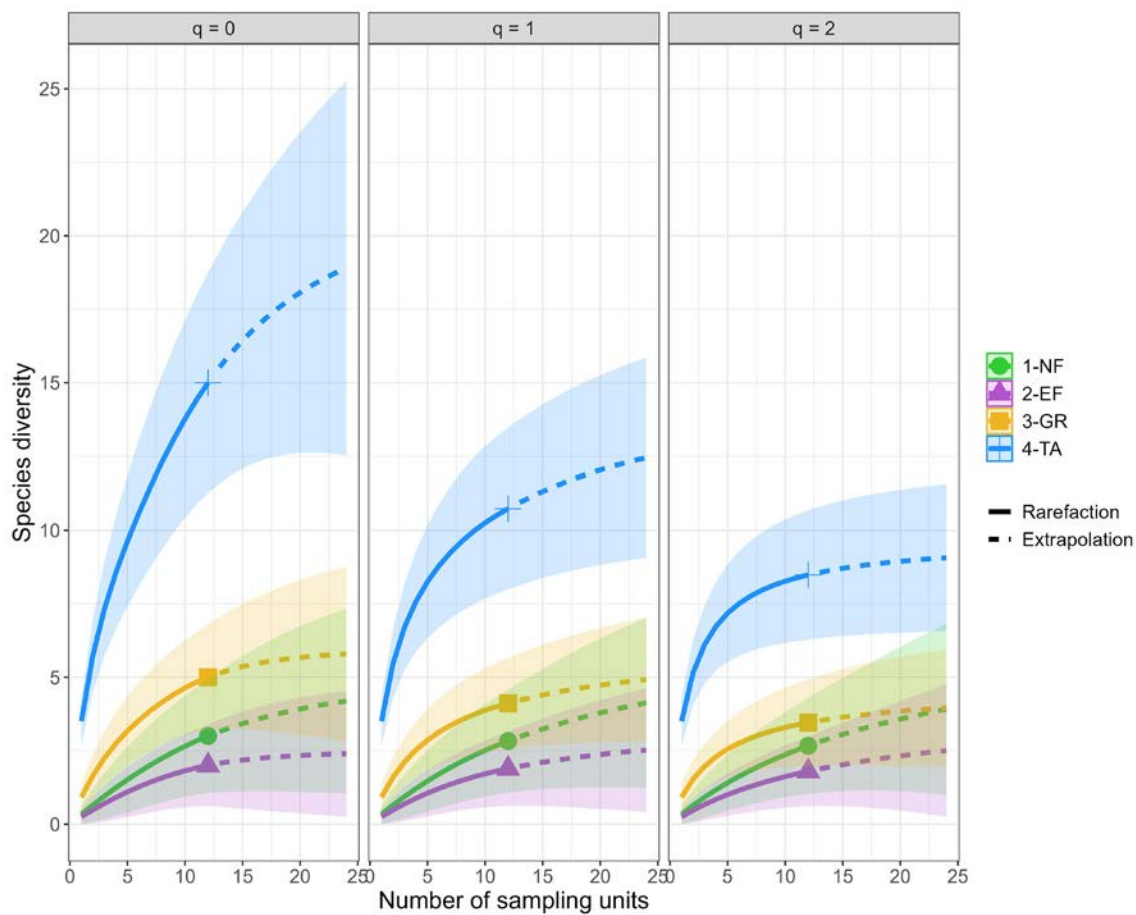


Figura 4. Curvas de rarefacción (líneas continuas) y de extrapolación (líneas discontinuas) con intervalos de confianza del 95 %, para las medidas de diversidad de Hill ($q = 0, 1, 2$), en ensambles herpetofaunísticos de la JBAR. NF, Bosque Nativo; EF, Bosque Exótico; GR, Pastizal Nativo; TA, Tajamar.

Figure 4. Rarefaction curves (solid lines) and extrapolation (dashed lines) with 95 % confidence intervals, for Hill diversity measurements ($q = 0, 1, 2$) in herpetofaunal assemblages of the JBAR. NF, Native Forest; EF, Exotic Forest; GR, Native Grassland; TA, Tajamar.

last two decades, mediated by the drought that affected the La Plata basin between 2019 and 2022, the worst recorded since 1944 (Naumann et al., 2023). For aquatic species, such as the turtles *Phrynops hilarii* and *Trachemys dorbigni*, the drought may have caused the mortality of numerous individuals in their population (Deppe et al., 2024), as evidenced by the encounter of lifeless specimens in the dry center of the Tajamar. In line with the above, Angarita-Sierra (2014) points out that both amphibian and reptile communities in Colombian savannas are significantly affected by periods of drought, even more so when they are longer and/or more intense. The author also emphasizes that the vegetation cover, which is strongly altered during these extreme events, is a key factor that influences the composition and specific richness of herpetofaunal communities. In this sense, the change in vegetation in the JBAR was evident as the drought worsened. This fact was compounded by anthropic intervention within the Grassland habitat (GR), which was mowed on more than one occasion using machinery (events recorded by the working group), likely in an attempt to reduce the load of flammable material. The Native Grassland habitat featured records of exclusive species within the JBAR (*Cercosaura schreibersii*, *Aspronema dorsivittatum*, and *Oxyrhopus rhombifer*), and following these management practices, sightings decreased, hinting at a negative effect on the herpetofaunal assemblage.

CONCLUSIONS

Our results show that the herpetofauna of the JBAR is composed of species widely distributed in the Espinal. However, the characteristic sensitivity of these faunal groups to environmental changes (Cox et al., 2022; Luedtke et al., 2023) raises questions about the long-term impact of the extreme drought event that occurred in the region on the herpetofaunal community. Knowledge of the state of the herpetofauna is a basic requirement for diagnosing and finding solutions to present and future problems (Comitti, 2017), so we consider it essential to continue studies in the area in order to analyze the evolution of these communities post-drought. Finally, we hope that our contributions highlight the value of the JBAR's natural heritage, as a relic of the Espinal Ecoregion.

Acknowledgements.— We would like to thank the Autonomous University of Entre Ríos (UADER) for financing the projects PIDIN-UADER-RONCHI VIRGOLINI-214-21 and PI-A-UADER-SANCHEZ-122-23. Also, a thank you to the National Council for Scientific and Technical Research (CONICET) for the funding provided through the project PUE-056. We are grateful to the Natural Resources Directorate of the Entre Ríos Province for granting research and collection permit No. 004/22 to A.L. Ronchi

Virgolini. A special thanks to the group of biology students who volunteered to assist with fieldwork: Zamboni, L., Pineda Sánchez, A., Morante, N.M., Cettour, C., Burgardt, M.S., and Wittwer, L. We also appreciate the work of the staff at JBAR, especially Ing. Agr. Viviana Fusi, as well as Prof. Alfredo Grimaux and his team for their cooperation and support.

LITERATURE CITED

- Angarita-Sierra, T. 2014. Diagnóstico del estado de conservación del ensamble de anfibios y reptiles presentes en los ecosistemas de sabanas inundables de la cuenca del río Pauto, Casanare, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 38:53-78.
- ASIH, HL & SSAR (American Society of Ichthyologists and Herpetologists, The Herpetologists' League & Society for the Study of Amphibians and Reptiles). 2004. Guidelines for use of live amphibians and reptiles in field and laboratory research. Available at: https://static1.squarespace.com/static/618bf11a71fcd5398996eda/t/618fbed9a68bdd5cbcc95f78/1636810457669/guidelines_herps_research_2004.pdf [Accessed on June 2021].
- Bartoń, K. 2024. MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.48.4. <https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn> [Accessed on July 2024].
- Bosso, A., J.C. Chebez, E. Haene & M.J. Solís. 1990. Notas sobre los anfibios y reptiles de la selva de Montiel, Departamento Federal, provincia de Entre Ríos (Argentina). *Amphibia y Reptilia* 1:120-124.
- Burnham, K.P. & D.R. Anderson. 2002. *Model Selection and Multimodel Inference: a Practical Information-Theoretic Approach*. Springer, New York, USA.
- Cacciabue, C.G. & M.N. Savino. 2019. Estructura del ensamble zooplanctónico de la laguna de la Escuela Normal Rural «Juan Bautista Alberdi» "(Oro Verde, Entre Ríos): en los períodos primavera-verano 2017-2018. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad Autónoma de Entre Ríos, Oro Verde, Entre Ríos, Argentina.
- Cardinale, B.J., J.E. Duffy, A. Gonzalez, E.U. Hooper, C. Perrings, P. Venial, A. Narwani, G.M. Mace, D. Tilman, D.A. Wardle, A.P. Kinzing, G.C. Daily, M. Loreau, J.B. Grace, A. Larigauderie, D.S. Srivastava & S. Naeem. 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 486:59-67.

- Cei, J.M. 1980. Amphibians of Argentina. *Monitore Zoologico Italiano. Monografia* 2:1-609.
- Cei, J.M. 1986. Reptiles del centro, centro-oeste y sur de la Argentina: Herpetofauna de las zonas áridas y semiáridas. *Museo Regionale di Scienze Naturali Torino. Monografia* 4:1-528.
- Cei, J.M. 1993. Reptiles del noroeste, nordeste y este de la Argentina: Herpetofauna de las selvas subtropicales, Puna y Pampas. *Museo Regionale di Scienze Naturali Torino. Monografia* 14:1-949.
- Céspedes, J.A., M.L. Lions, B.B. Álvarez & E.F. Schaefer. 2001. Inventario de anfibios y reptiles del Parque Nacional Chaco, Argentina. *Natura Neotropicalis* 32:163-169.
- Chao, A., N.J. Gotelli, T.C. Hsieh, E.L. Sander, K.H. Ma, R.K. Colwell & A.M. Ellison. 2014. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs* 84:45-67.
- Charruau, P., M.A. Morales-Garduza, M.A. López-Luna, J.G. Reyes-Trinidad, M.A. Ramírez-Pérez, J.A. López-Hernández & R. García-Morales. 2023. Herpetofauna of the Chaschoc lagoon wetlands, Tabasco, Mexico. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:75-92.
- Comitti, E.J. 2017. Herpetofauna da bacia do rio Cachoeira, município de Joinville, Santa Catarina, Sul do Brasil. *Acta Biológica Catarinense* 4:90-105.
- Cox, N., B.E. Young, P. Bowles, M. Fernandez, J. Marin, G. Rapacciuolo, M. Böhm, T.M. Brooks, S.B. Hedges, C. Hilton-Taylor, M. Hoffmann, R.K.B. Jenkins, M.F. Tognelli, G.J. Alexander, A. Allison, N.B. Ananjeva, M. Auliya, L.J. Avila, D.G. Chapple, D.F. Cisneros-Heredia, H.G. Cogger, G.R. Colli, A. de Silva, C.C. Eisemberg, J. Els, A. Fong G., T.D. Grant, R.A. Hitchmough, D.T. Iskandar, N. Kidera, M. Martins, S. Meiri, N.J. Mitchell, S. Molur, C.C. Nogueira, J.C. Ortiz, J. Penner, A.G.J. Rhodin, G.A. Rivas, M.O. Rödel, U. Roll, K.L. Sanders, G. Santos-Barrera, G.M. Shea, S. Spawls, B.L. Stuart, K.A. Tolley, J.F. Trape, M.A. Vidal, P. Wagner, B.P. Wallace & Y. Xie. 2022. A global reptile assessment highlights shared conservation needs of tetrapods. *Nature* 605:285-290.
- Dajoz, R. 2005. *Principios de Ecología*. Artmed, Porto Alegre, Brazil.
- Deppe, A.R., D.S. Bower & D.T. McKnight. 2024. Impact of severe drought on movement and survival of freshwater turtles in the Gwydir Wetlands, Australia. *Marine and Freshwater Research* 75: MF23226.
- Díaz-García, J.M., E. Pineda, F. López-Barrera & C.E. Moreno. 2017. Amphibian species and functional diversity as indicators of restoration success in tropical montane forest. *Biodiversity and Conservation* 26:2569-2589.
- FAO. 2020. *Global Forest Resources Assessment 2020 – Key findings*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Available at: <https://doi.org/10.4060/ca8753en> [Accessed on September 2024].
- Fox, J. & S. Weisberg. 2019. *An R Companion to Applied Regression*, 3rd Edition. Sage, Thousand Oaks, California, USA.
- Gallardo, J.M. 1982. Anfibios y reptiles del Parque Nacional El Palmar de Colón, Prov. de Entre Ríos. *Anales de Parques Nacionales* 15:65-75.
- Gangenova, E., A. Guzmán & F. Marangoni. 2012. Diversidad de anfibios anuros del Parque Nacional El Palmar (Provincia de Entre Ríos, Argentina). *Cuadernos de herpetología* 26:13-20.
- Giménez, E.M., M. Ayarragaray & A.S. Manzano. 2008. Diversidad y distribución de los reptiles de la Provincia de Entre Ríos, Argentina. *INSUGEO Miscelánea* 17:91-107.
- Hill, M.O. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* 54:427-432.
- Hsieh, T.C., K.H. Ma & A. Chao. 2022. iNEXT: iNterpolation and EXTrapolation for species diversity. R package version 3.0.0 URL: <http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software-download/> [Accessed on May 2024].
- IUCN. 2024. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2023-1. URL: <https://www.iucnredlist.org> [Accessed on August 2024].
- Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos* 113:363-375.
- Kehr, A.I. & J.D. Williams. 1990. Larvas de anuros de la República Argentina. *Cuadernos de Herpetología, Serie Monografías* 2:1-44.
- Lewis, J.P., E.F. Pire, I.M. Barberis & D.E. Prado. 2006. Los bosques del Espinal periéstépico en las proximidades de la localidad de Coronda, provincia de Santa Fe (Argentina). *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias* 10:013-026.
- Lewis, J.P., S. Noetinger, D.E. Prado & I.M. Barberis. 2009. Woody vegetation structure and composition of the last relicts of Espinal

- vegetation in subtropical Argentina. *Biodiversity & Conservation* 18:3615-3628.
- López, J.A., R. Ghirardi, A. Pautasso, B. Fandiño, L. Leiva, C. Antoniazzi, R. Llanes, A. Armando, M. Medrano, L. Ceballos, R. Spinelli & A. Siano. 2022. *Anfibios de Santa Fe*. Ediciones UNL, Santa Fe, Argentina.
- Luedtke, J.A., J. Chanson, K. Neam, L. Hobin, A.O. Maciel, A. Catenazzi, A. Borzée, A. Hamidy, A. Aowphol, A. Jean, Á. Sosa-Bartuano, A. Fong G, A. de Silva, A. Fouquet, A. Angulo, A.A. Kidov, A. Muñoz Saravia, A.C. Diesmos, A. Tominaga, B. Shrestha, B. Gratwicke, B. Tjaturadi, C.C. Martínez Rivera, C.R. Vásquez Almazán, C. Señaris, S.R. Chandramouli, C. Strüssmann, C.F. Cortez Fernández, C. Azat, C.J. Hoskin, C. Hilton-Taylor, D.L. Whyte, D.J. Gower, D.H. Olson, D.F. Cisneros-Heredia, D.J. Santana, E. Nagombi, E. Najafi-Majd, E.S.H. Quah, F. Bolaños, F. Xie, F. Brusquetti, F.S. Álvarez, F. Andreone, F. Glaw, F.E. Castañeda, F. Kraus, G. Parra-Olea, G. Chaves, G.F. Medina-Rangel, G. González-Durán, H.M. Ortega-Andrade, I.F. Machado, I. Das, I.R. Dias, J.N. Urbina-Cardona, J. Crnobrnja-Isailović, J.H. Yang, J. J.T. Jianping, Wangyal, J.J.L. Rowley, J. Measey, K. Vasudevan, K.O. Chan, K.V. Gururaja, K. Ovaska, L.C. Warr, L. Canseco-Márquez, L.F. Toledo, L.M. Díaz, M.M.H. Khan, M. Meegaskumbura, M.E. Acevedo, M. Felgueiras Napoli, M.A. Ponce, M. Vaira, M. Lampo, M.H. Yáñez-Muñoz, M.D. Scherz, M.O. Rödel, M. Matsui, M. Fildor, M.D. Kusirini, M.F. Ahmed, M. Rais, N.G. Kouamé, N. García, N.L. Gonwouo, P.A. Burrowes, P.Y. Imbun, P. Wagner, P.J.R. Kok, R.L. Joglar, R.J. Auguste, R.A. Brandã, R. Ibáñez, R. von May, S.B. Hedges, S.D. Biju, S.R. Ganesh, S. Wren, S. Das, S.V. Flechas, S.L. Ashpole, S.J. Robleto-Hernández, S.P. Loader, S.J. Incháustegui, S. Garg, S. Phimmachak, S.J. Richards, T. Slimani, T. Osborne-Naikatini, T.P.F. Abreu-Jardim, T.H. Condez, T.R. De Carvalho, T.P. Cutajar, T.W. Pierson, T.Q. Nguyen, U. Kaya, Z. Yuan, B. Long, P. Langhammer & S.N. Stuart. 2023. Ongoing declines for the world's amphibians in the face of emerging threats. *Nature* 622:308-314.
- Martín, J., G. Rodríguez-Ruiz & J.J. Cuervo. 2023. Coping with drought? The hidden microhabitat selection and underground movements of amphisbaenians under summer drought conditions. *Current Zoology* (2023):zoado34.
- Matteucci, S.D. 2012. Ecorregión Espinal. Pp. 349-390. In J. Morello, S.D. Matteucci, A.F. Rodríguez & M. Silva (Eds.), *Ecorregiones y Complejos Ecosistémicos Argentinos*. Orientación Gráfica Editora, Buenos Aires, Argentina.
- Mazzón, R. & S. Rafaelli. 2023. Impactos Generados por la Sequía 2019-2023 en la región del Litoral Argentino. Cuadernos del CURIHAM, Edición Especial (2023) Bajante del río Paraná:e219. Available at: <https://doi.org/10.35305/curiham.vi.219>. [Accessed on August 2024].
- Medina, R.G., M.L. Ponssa & E. Aráoz. 2016. Environmental, land cover and land use constraints on the distributional patterns of anurans: *Leptodactylus* species (Anura, Leptodactylidae) from Dry Chaco. *PeerJ* 4:e2605.
- Morguenstern, Q.I., M. Maroli, A. Pineda Sánchez, C.V. Zapata, L.C. Sanchez, Y.A. Prieto, J. Tarquini, C. Hergenreder, A. Grimaux & A.L. Ronchi-Virgolini. 2023. Riqueza de mamíferos terrestres y amenazas para su conservación en la Reserva Juan Bautista Alberdi, Oro Verde, Entre Ríos, Argentina. *Acta Zoológica Lilloana* 67:343-354.
- Muzzachiodi, N. 2002. Avifauna registrada en la Reserva Natural Juan Bautista Alberdi, Oro Verde, departamento de Paraná, provincia de Entre Ríos, Argentina. *Nótulas Faunísticas* 11:1-3.
- Naumann, G., G. Podesta, J. Marengo, J. Luterbacher, D. Bavera, J. Acosta Navarro, C. Arias-Muñoz, P. Barbosa, C. Cammalleri, L.A. Cuartas, M. De Estrada, M. De Felice, A. De Jager, C. Escobar, G. Fioravanti, L. Giordano, A. Hrašt Essenfelder, C. Hidalgo, O.L. Leal De Moraes, W. Maetens, D. Magni, D. Masante, M. Mazzeschi, M. Osman, L. Rossi, M. Seluchi, M. De Los Milagros Skansi, P. Spennemann, J. Spinoni, A. Toreti & C. Vera. 2023. Extreme and long-term drought in the La Plata Basin: event evolution and impact assessment until September 2022. Publications Office of the European Union, Luxembourg. Available at: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/62557> [Accessed on August 2024].
- Parmelee, J.R. & H.S. Fitch. 1995. An experiment with artificial shelters for snakes: effects of material, age, and surface preparation. *Herpetological Natural History* 3:187-191.
- Pausich, G., J. Gvozdenovich & C. Pioto. 2013. Caracterización de Zonas y Zubzonas RIAN, Entre Ríos. Red de Información Agropecuaria Nacional. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro Regional Entre Ríos, EEA Paraná, Argentina.
- Payn, T., J.M. Carnus, P. Freer-Smith, M. Kimberley, W. Kollert, S. Liu, C. Orazio, L. Rodriguez, L. Neves & M.J. Wingfield. 2015. Changes in planted forests and future global implications. *Forest Ecology and Management* 352:57-67.

- Peltzer, P.M. & R.C. Lajmanovich. 1999. Lista preliminar de anfibios de la provincia de Entre Ríos, Argentina. *Natura Neotropicalis* 30:85-88.
- Peltzer, P.M., R.C. Lajmanovich, M. Attademo & W. Cejas. 2005. Diversidad y conservación de anuros en ecosistemas agrícolas de Argentina: implicancias en el control biológico de plagas. *INSUGEO Miscelánea* 14:399-416.
- R Core Team. 2024. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Rossa-Feres, D.C. & F. Nomura. 2006. Characterization and taxonomic key for tadpoles (Amphibia: Anura) from the northwestern region of São Paulo State, Brazil. *Biota Neotropica* 6:1-26.
- Roth-Monzón, A.J., A.A. Mendoza-Hernández & O. Flores-Villela. 2018. Amphibian and reptile biodiversity in the semi-arid region of the municipality of Nopala de Villagrán, Hidalgo, Mexico. *PeerJ* 6:e4202.
- Sanchez, L.C., B. Zucchini & A.S. Manzano. 2008. Mapas de distribución de los anuros de la provincia de Entre Ríos en base a colecciones herpetológicas. *INSUGEO Miscelánea* 17:239-258.
- Sanchez, L.C., P.M. Peltzer, R.C. Lajmanovich, A.S. Manzano, C.M. Junges & A.M. Attademo. 2013. Reproductive activity of anurans in a dominant agricultural landscape from central-eastern Argentina. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84:912-926.
- Sanchez, L.C., Y.A. Prieto, M. Maroli & A.L. Ronchi Virgolini. 2023. Efectividad de diferentes técnicas de registro de anfibios en un humedal lacustre templado del centro-este de Argentina. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:10-22.
- Scott, N.J. 1994. Complete Species Inventories. Pp. 78-84. In W.R. Heyer, M.A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L.C. Hayek & M.S. Foster (Eds.). *Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington, USA.
- Sione, S., R. Villalba, A. Srur, S. Ledesma & P. Aceñolaza. 2024. Dendroclimatology of *Prosopis nigra* in the Espinal woodlands, southeastern South America. *Dendrochronologia* 88:126239.
- Straneck, R., E.V. Olmedo & G.R. Carrizo. 1993. Catálogo de Voces de Anfibios Argentinos, Parte I. Ediciones L.O.L.A., Buenos Aires, Argentina.
- Suárez González, L.F. 2017. Reptiles y anfibios como bioindicadores para implementar en estudios de impacto ambiental y planes de manejo ambiental. Tesis de Especialización. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.
- Underwood, W. & R. Anthony. 2020. AVMA guidelines for the euthanasia of animals: 2020 edition. Available at: <http://www.avma.org/sites/default/files/2020-02/Guidelines-on-Euthanasia-2020.pdf> [Accessed on December 2021]
- U.S.EPA. 2002. Methods For Evaluating Wetland Condition: Using Amphibians in Bioassessments of Wetlands. Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C., USA.
- Vera Candioti, M.F. 2007. Anatomy of anuran tadpoles from lentic water bodies: systematic relevance and correlation with feeding habits. *Zootaxa* 1600:1-175.
- Weir, S.M., J.G. Suski & C.J. Salice. 2010. Ecological risk of anthropogenic pollutants to reptiles: evaluating assumptions of sensitivity and exposure. *Environmental Pollution* 158:3596-3606.
- Wickham, H. 2016. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York, New York, USA.
- Wingeyer, A.B., E.A. Gabioud, M.S. Seehaus & G.D. Maffini. 2022. Temperaturas y precipitaciones en 2021 en el área de influencia del INTA EEA Paraná. *Serie Extensión INTA Paraná* 87:84-87.



HERPETOPHAGY EVENTS BY BIRDS IN ECUADOR

EVENTOS DE HERPETOFAGIA POR PARTE DE AVES EN ECUADOR

Héctor Cadena-Ortiz^{1,2}, Galo Buitrón-Jurado¹, Jaime Culebras^{3,4} & Manuel R. Dueñas^{1*}¹Instituto Nacional de Biodiversidad (INABIO). Calle Rumipamba 341 y Av. de los Shyris. Casilla: 17-07-8976. Quito, Ecuador.²Pajareando Ando Ecuador. Código postal: 170521. Quito, Ecuador.³Photo Wildlife Tours, Quito, Ecuador.⁴Fundación Cóndor Andino, Quito, Ecuador.*Corresponding author: duenastmanuel@hotmail.com

Received: 2024-05-01. Accepted: 2025-01-21. Published: 2025-05-29.

Editor: Alessandro Catenazzi, Perú.

Abstract.— We present 28 events of bird predation on amphibians and reptiles from 11 provinces of Ecuador. The records were obtained from the authors' observations, research colleagues, and social networks. We contrasted these events with the information previously known for the bird species involved, resulting in cases of new prey items; some bird species did not have a detailed description at a specific level of their diet and for others the consumption of vertebrate species was unknown. We highlight the importance of compiling and formalizing data shared on social networks to contribute to the knowledge of the ecology of tropical birds, amphibians, and reptile species.

Keywords.— Amphibians, birds, herpetophagy, natural history, prey, reptiles.

Resumen.— Presentamos 28 eventos de depredación de aves sobre anfibios y reptiles provenientes de 11 provincias del Ecuador. Los registros fueron obtenidos de observaciones de los autores, colegas investigadores y de redes sociales. Contrastamos estos eventos con la información previamente conocida para las especies de aves involucradas resultando casos de nuevos ítems presa. Algunas especies de aves no tenían descripción detallada a nivel específico de su dieta y para otras se desconocía el consumo de especies de vertebrados. Resaltamos la importancia de compilar y formalizar los datos compartidos en redes sociales con el fin de contribuir al conocimiento de la ecología de especies de aves, anfibios y reptiles tropicales.

Palabras clave.— Anfibios, aves, herpetofagia, historia natural, presas, reptiles.

INTRODUCCIÓN

Las relaciones tróficas y la dieta de las especies son aspectos primordiales de sus historias de vida (Fernández-Arhex & Corley, 2004; Toledo et al., 2007; Vitt & Caldwell, 2009). Las interacciones entre depredadores y presas son fundamentales a nivel de poblaciones y comunidades ecológicas, ya que la depredación es la principal causa de mortalidad de los animales y es un proceso clave para la dinámica de las poblaciones y la evolución de las características y la historia de vida (Fernández-Arhex & Corley, 2004; Vitt & Caldwell, 2009; Valencia-Aguilar et al., 2013). No obstante, las interacciones entre depredadores y presas son difíciles de registrar, especialmente en áreas tropicales (Sandoval et al., 2008; de Souza et al., 2022).

Las aves depredan numerosas especies de anfibios y reptiles (Poulin et al., 2001; Ramírez-Jaramillo & Castillo-Merino, 2020; de Souza et al., 2022). En aves rapaces, que es uno de los grupos con mayor información de eventos de depredación en áreas tropicales, la herpetofauna es de los ítems más importantes en su dieta (Schulze et al., 2000; Bó et al., 2007; Ramírez-Jaramillo et al., 2018; Dueñas & Valencia, 2019; Medrano-Vizcaíno, 2019; Nahuat-Cervera et al., 2020; Cadena-Ortiz, 2022; Cadena-Ortiz et al., 2022); así, en Ecuador, 10 de las 29 especies de rapaces nocturnas residentes cuentan con registros de anfibios y reptiles como presas (Cadena-Ortiz et al., 2022). Sin embargo, para la mayoría de grupos de aves no rapaces, la información es puntual o nula; esta ausencia de información crea una brecha

en el conocimiento de su historia natural y sus relaciones interespecíficas, limitando la determinación de sus roles dentro de los ecosistemas (Duca et al., 2023).

Actualmente, como parte de los esfuerzos de ciencia ciudadana se realizan un gran número de observaciones, los cuales pueden contribuir con información sobre las interacciones entre las especies, como la dieta y ecología trófica de las aves, así como sobre la historia natural de anfibios y reptiles (de Souza et al., 2022). Presentamos 28 nuevos eventos de depredación sobre anfibios y reptiles por aves en Ecuador, que contribuyen en aportar conocimiento sobre la historia natural y las interacciones depredador–presa.

MÉTODOS

Recopilación de registros fotográficos

Compilamos eventos de depredación de anfibios y reptiles por las aves en todo el territorio de Ecuador. Se incluyeron eventos fotografiados por los autores, otras fotografías cedidas por colegas investigadores y observadores de aves del colectivo Pajareando Ando Ecuador. Las imágenes seleccionadas fueron utilizadas previa autorización de los autores; solicitamos todas las imágenes disponibles que permitan la identificación confiable de las especies y sus presas y toda la información asociada como fecha del evento, coordenadas y observaciones adicionales.

Identificación de presas y depredadores

Las especies de aves y sus presas fueron identificadas mediante características morfológicas visibles mediante su comparación con las guías de campo, para las aves (Freile & Restall, 2018); y, para anfibios y reptiles (Valencia et al., 2008; Reyes-Puig et al., 2015; Dueñas & Báez, 2021), además de las fotografías, claves disponibles y referencias citadas en las plataformas digitales Amphibiaweb (Ron et al., 2022) y Reptiliaweb (Torres-Carvajal et al., 2023).

Tratamiento de la información

Las especies de aves y sus presas, anfibios o reptiles, identificadas fueron ordenadas taxonómicamente. La nomenclatura taxonómica de las especies de aves siguió a Remsen et al. (2023), la de reptiles a Torres-Carvajal et al. (2023) y la de anfibios a Ron et al. (2022). También se evaluaron las categorías de riesgo de las especies de anfibios y reptiles de acuerdo con la Lista Roja de Especies Amenazadas (IUCN, 2022). Los datos obtenidos en los eventos de depredación fueron contrastados con la información bibliográfica sobre la dieta de las especies de aves basados principal pero no únicamente en Billerman et al. (2022)

y para las especies de anfibios en Ron et al. (2022) y de reptiles en Carvajal-Torres et al. (2023). En cada evento se indica la referencia particular citada en las referencias anteriores, cuando fue necesario.

RESULTADOS

Se obtuvieron 28 registros de depredación, 4 involucrando anfibios y 24 reptiles, por parte de 18 especies de aves. En la mayoría de eventos las presas, pudieron ser identificadas a nivel de especie, i.e., 19. En tres eventos se llegó con certeza al género de la presa, en cinco eventos solo a familia y en uno solo hasta suborden. Los registros se distribuyeron en 11 provincias del Ecuador, aunque la mayoría se concentraron en la región Andina en la provincia de Pichincha. Los detalles de localidad, fecha y autor del registro se presentan en la Tabla 1. La mayoría de los anfibios y reptiles–presas identificados son de amplia distribución e incluidos como Preocupación Menor en la Lista Roja de Especies Amenazadas (IUCN, 2022), pero se registró también entre las presas a la iguana marina *Amblyrhynchus cristatus* clasificada en Vulnerable y la lagartija anolis cornudo de Mindo *Anolis proboscis*, En Peligro.

Las interacciones de herpetofagia de las especies de aves se describen y discuten a continuación:

Evento 1. Depredación y consumo de un juvenil de iguana marina *A. cristatus* por la garza azul *Ardea herodias cognata* (Fig. 1a). No existen estudios de dieta detallados para la garza azul en Galápagos, dónde además sus poblaciones podrían estar declinando por la pérdida de hábitat (Alava & Hasse, 2010). Por su parte, aunque la iguana marina es una especie endémica de las Islas Galápagos y ampliamente estudiada, este es el primer reporte de depredación por otra ave adicional al gavilán de Galápagos *Buteo galapagoensis* que es considerado su principal depredador nativo en las Islas (Wikelski & Nelson, 2004).

Eventos 2-5. Cuatro registros de depredación sobre lagartijas de la familia Teiidae por el elanio perla *Gampsonyx swainsonii*. En dos eventos se identificó a la ameiva de siete líneas *Holcosus septemlineatus* (Fig. 1b) y la ameiva espinosa *Medopheos edracanthus* (Fig. 1d), en los otros dos registros no se pudo identificar a las presas más allá de Familia (Fig. 1c, e). Aunque se conoce que los saurios son un componente importante de la dieta del elanio perla en el Ecuador (Orihuela-Torres et al., 2019), no se había identificado a estas dos especies de lagartijas como presas.

Evento 6. Depredación de un *Anolis* sp. por un elanio tijereta *Elanoides forficatus* (Fig. 1f). Aunque la dieta del elanio tijereta

Table 1. Herpetophagy events by birds in Ecuador. / **Table 1.** Eventos de herpetofagia por aves en Ecuador.

Nº	Depredador	Presa	Localidad	Provincia	Coordenadas	Fecha
1	<i>Ardea herodias</i>	<i>Amblyrhynchus cristatus</i>	Isla Isabela	Galápagos	-0.956265° -90.969887°	16-Jul-16
2	<i>Gampsonyx swainsonii</i>	<i>Holcosus septemlineatus</i>	La Maná	Cotopaxi	-0.829497° -79.164809°	29-dic-19
3	<i>Gampsonyx swainsonii</i>	Teiidae	Chone	Manabí	-0.697254° -80.070309°	10-Oct-22
4	<i>Gampsonyx swainsonii</i>	<i>Medopheos edracanthus</i>	Cazaderos	Loja	-4.085027° -80.479288°	26-Jun-23
5	<i>Gampsonyx swainsonii</i>	Teiidae	Parque Lagos	Guayas	-2.227377° -80.099247°	28-ago-19
6	<i>Elanoides forficatus</i>	<i>Anolis</i> sp.	Mindo	Pichincha	-0.056243° -78.778296°	1-Jun-23
7	<i>Harpagus bidentatus</i>	<i>Anolis</i> cf. <i>ortonii</i>	Garzacocha	Orellana	-0.467470° -75.351445°	12-Feb-15
8	<i>Harpagus bidentatus</i>	<i>Anolis</i> cf. <i>ortonii</i>	Sacha Lodge	Sucumbíos	-0.472241° -76.459080°	8-Nov-11
9	<i>Buteogallus urubitinga</i>	<i>Bothrops atrox</i>	Tiputini	Orellana	-0.638145° -76.149788°	14-Nov-16
10	<i>Rupornis magnirostris</i>	<i>Osteocephalus</i> sp.	Apaika	Orellana	-0.867675° -75.926978°	20-Nov-13
11	<i>Rupornis magnirostris</i>	Hylidae	Ponce Enríquez	Azuay	-3.06405° -79.736642°	13-abr-23
12	<i>Buteo albonotatus</i>	Saurio	Pacocha	Manabí	-1.009651° -80.843151°	14-ene-24
13	<i>Pharomachrus auriceps</i>	<i>Anolis proboscis</i>	Paz de las Aves	Pichincha	-0.019994° -78.707184°	23-ene-20
14	<i>Pharomachrus antisianus</i>	Hylidae	El Paraiso	M. Santiago	-3.309261° -78.567241°	dic-20
15	<i>Chloroceryle americana</i>	<i>Basiliscus galeritus</i>	Sto. Domingo	Sto. Domingo	-0.284083° -79.204883°	23-Sep-21
16	<i>Baryphthengus martii</i>	<i>Coniophanes fissidens</i>	Sto. Domingo	Sto. Domingo	-0.284083° -79.204883°	1-Mar-19
17	<i>Baryphthengus martii</i>	<i>Urotheca lateristriga</i>	Mindo	Pichincha	-0.056243° -78.778296°	5-Nov-21
18	<i>Herpetotheres cachinnans</i>	Colubridae	Napo Wildlife Center	Orellana	-0.524629° -76.440054°	Desconocido
19	<i>Herpetotheres cachinnans</i>	<i>Kentropyx pelviceps</i>	Gualaquiza	M. Santiago	-3.365484° -78.642034°	29-Jul-22
20	<i>Herpetotheres cachinnans</i>	<i>Atractus paucidens</i>	Hayulima	Pichincha	-0.091176° -78.801438°	29-Sep-15
21	<i>Herpetotheres cachinnans</i>	<i>Mastigodryas reticulatus</i>	La Tomatera	Manabí	-1.030790° -80.446419°	12-Feb-22
22	<i>Falco sparverius</i>	<i>Stenocercus guentheri</i>	Tababela	Pichincha	-0.184777° -78.344175°	20-ago-15
23	<i>Falco sparverius</i>	<i>Pristimantis</i> cf. <i>w-nigrum</i>	Guajalito	Pichincha	-0.285010° -78.767132°	26-dic-20
24	<i>Dendrocolaptes sanctithomae</i>	<i>Anolis</i> cf. <i>aequatorialis</i>	Guayabillas	Pichincha	-0.204027° -78.918862°	2-Oct-23
25	<i>Attila spadiceus</i>	<i>Anolis chloris</i>	Puerto Quito	Pichincha	-0.121220° -79.244457°	1-Jul-20
26	<i>Rupicola peruvianus</i>	<i>Anolis</i> sp.	Alambi	Pichincha	-0.030401° -78.681169°	27-Jul-16
27	<i>Cephalopterus penduliger</i>	<i>Anolis aequatorialis</i>	Sachatamia	Pichincha	-0.026573° -78.759351°	30-Nov-21
28	<i>Quiscalus mexicanus</i>	<i>Phyllodactylus reissii</i>	Las Gilces	Manabí	-0.809666° -80.51962°	08-ene-23

incluye principalmente insectos voladores, se ha documentado durante la crianza de los polluelos la inclusión de ranas, lagartijas, serpientes y polluelos de otras aves (Gerhardt et al., 2004; Meyer et al., 2004; Billermann et al., 2022). Varias especies del género *Anolis* habitan en el dosel (Torres-Carvajal et al., 2023), lo que incrementaría su vulnerabilidad a depredadores voladores.

Eventos 7-8. Dos registros de anolis de Orton *Anolis* cf. *ortonii* consumidos por el elanio bidentado *Harpagus bidentatus* (Fig. 2a-b). En Perú ya se ha reportado al elanio bidentado consumiendo saurios *Anolis* (Robinson, 1994); mientras que, en Guatemala las lagartijas constituyeron el segundo ítem alimenticio de importancia, después de los insectos (Schulze

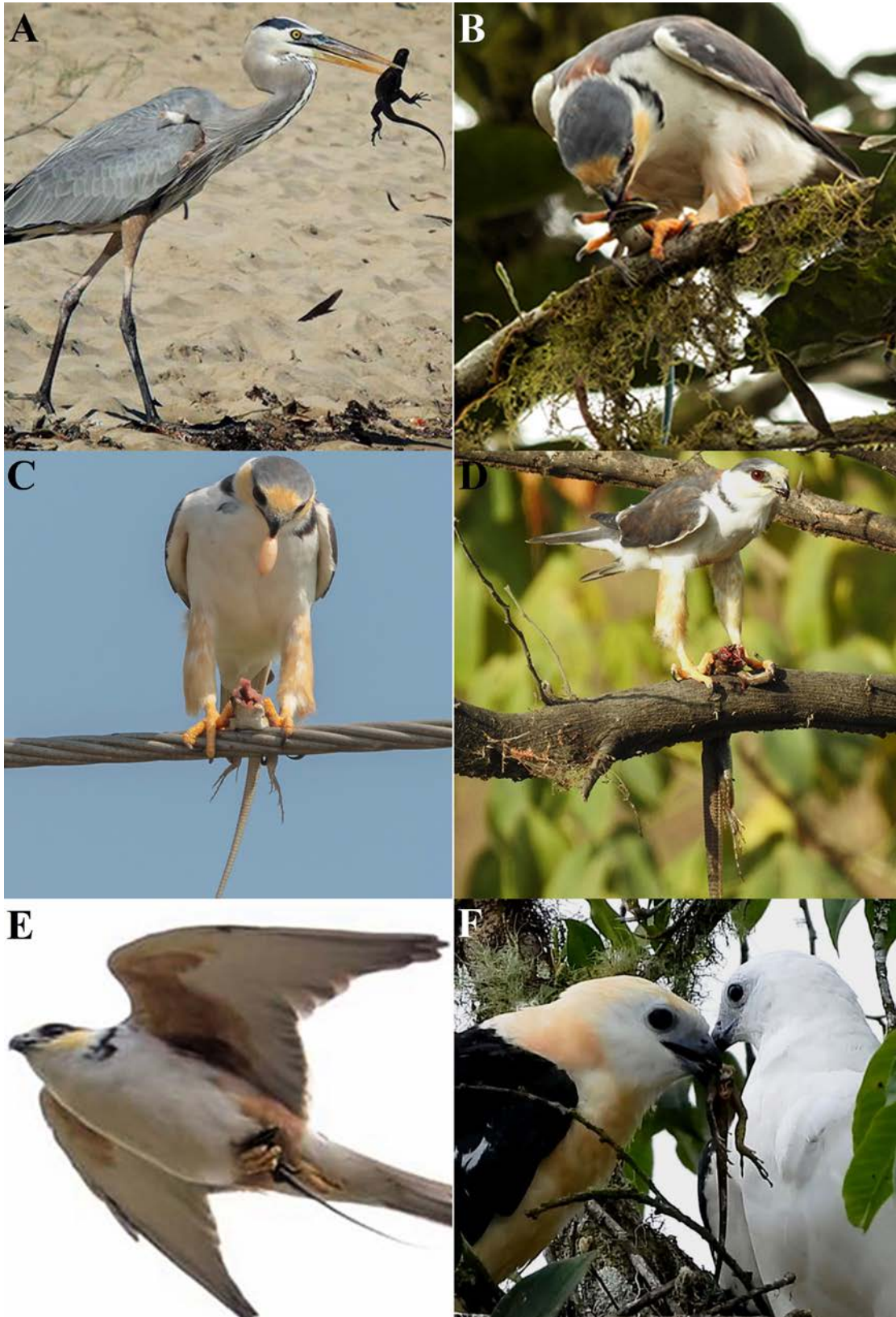


Figure 1. Predator-prey: (A) *Ardea herodias*-*Amblyrhynchus cristatus*, (B) *Gampsonyx swainsonii*-*Holcosus septemlineatus*, (C) *G. swainsonii*-Teiidae, (D) *G. swainsonii*-*Medopheos edracanthus*, (E) *G. swainsonii*-Teiidae, (F) *Elanoides forficatus*-*Anolis* sp. Photos: (A) Patricio Macas, (B) Christiana Fattorelli, (C) Nelson Monteros, (D) Fabián Castillo, (E) Ángel Bayona, (F) Romelly Quishpe.

Figura 1. Depredador-presa: (A) *Ardea herodias*-*Amblyrhynchus cristatus*, (B) *Gampsonyx swainsonii*-*Holcosus septemlineatus*, (C) *G. swainsonii*-Teiidae, (D) *G. swainsonii*-*Medopheos edracanthus*, (E) *G. swainsonii*-Teiidae, (F) *Elanoides forficatus*-*Anolis* sp. Fotos: (A) Patricio Macas, (B) Christiana Fattorelli, (C) Nelson Monteros, (D) Fabián Castillo, (E) Ángel Bayona, (F) Romelly Quishpe

et al., 2000). Otras especies de reptiles registradas en la dieta del elanio bidentado incluyen salamandras del género *Thecadactylus* (Haverschmidt, 1962).

Evento 9. Depredación de una víbora equis del oriente *Bothrops atrox* por el gavilán negro *Buteogallus urubitinga* (Fig. 2c). La ofidiofagia es un evento inusual en el gavilán negro. Se ha registrado a esta rapaz depredando a elápidos como la cobra coral pintada *Micrurus corallinus* (Lucas et al., 2020), y a los vipéridos yarará *Bothrops jararaca* y a la yarará de cola blanca *B. neuwiedi* en Brasil (Carvalho Filho et al., 2006). Además, a *Bothriechis schlegelii* en Guatemala (Gerhardt et al., 1993).

Eventos 10-11. Depredación de dos anfibios por el gavilán campestre *Rupornis magnirostris*, una rana de casco del género *Osteocephalus* (Fig. 2d) y uno identificado a nivel de familia Hylidae (Fig. 2e). El gavilán campestre es una especie ampliamente distribuida y con una dieta amplia que incluye insectos, arañas, reptiles, pequeños mamíferos y algunas aves (Beltzer, 1990). Ambos eventos concuerdan con el consumo de ranas arbóreas (Hylidae), se ha sugerido que las ranas de casco son presas frecuentes de varias especies de rapaces debido a su frecuencia en los estratos más altos de los bosques amazónicos (Ron et al., 2022).

Evento 12. Depredación de un reptil del suborden Sauria por el gavilán colifajado *Buteo albonotatus* (Fig. 2f), el cual se alimenta de vertebrados y en gran medida de reptiles y anfibios (Billermann et al., 2022), un evento de depredación sobre un saurio del género *Polychrus* fue reportado en Brasil (Koski et al., 2016).

Evento 13. Depredación de un anolis cornudo de Mindo *Anolis proboscis* por el quetzal cabecidorado *Pharomachrus auriceps* (Fig. 3a). El quetzal cabecidorado es una especie mayormente frugívora, aunque complementa su dieta con invertebrados y pequeños vertebrados como anfibios, especialmente durante la crianza de los polluelos (Billermann et al., 2022). Por su parte el anolis cornudo de Mindo es endémico del Ecuador y muy difícil de observar (Carvajal-Torres et al., 2023). El anolis cornudo de Mindo posee una distribución muy restringida y se encuentra en la categoría de conservación En Peligro (UICN, 2022).

Evento 14. Depredación de un anuro de la familia Hylidae por el quetzal crestado *Pharomachrus antisianus* (Fig. 3b); ave principalmente frugívora, aunque se ha documentado también el consumo de insectos, lagartos y ranas (Billermann et al., 2022). Asignamos el anuro a la familia Hylidae, debido a las características de las extremidades posteriores (dedos

delgados y largos con terminaciones redondas y membranas interdigitales).

Evento 15. Depredación de una lagartija pasa-ríos *Basiliscus galeritus* por el martín pescador americano *Chloroceryle americana* (Fig. 3c). La dieta de esta ave está compuesta principalmente de peces e invertebrados acuáticos, y en muy raras ocasiones ranas (Billermann et al., 2022); este es el primer reporte de depredación sobre un saurio. Por su parte, para el género *Basiliscus* se ha descrito que su método de escape bipedal sobre el agua es efectivo contra los depredadores (Maturana, 1962; Savage, 2002), pero no lo fue en esta ocasión.

Eventos 16-17. Depredación de una serpiente corredora de vientre amarillo *Coniophanes fissidens* (Fig. 3d) y una culebra de labios manchados *Urotheca lateristriga* (Fig. 3e) por el momoto rufo *Baryphthengus martii*. Estos son los primeros registros de ofidiofagia para este momoto y probablemente sean más frecuentes considerando las capacidades depredadoras de otros representantes de la familia Momotidae, e.g., el reporte de un marsupial pequeño depredado por el momoto capuchirufio *Baryphthengus ruficapillus* (Pagotto et al., 2019), vertebrados incluso serpientes en la dieta del momoto frentiazul *Momotus momota* (Sandoval et al., 2008).

Evento 18-21. Cuatro eventos de depredación sobre tres especies de serpientes de la familia Colubridae y sobre un saurio de la familia Teiidae por parte del halcón reidor *Herpetotheres cachinnans*. La primera presa se identificó a nivel de familia, Colubridae (Fig. 3f); la segunda fue una lagartija del bosque *Kentropyx pelviceps* (Fig. 4a); las dos siguientes fueron una culebra tierrera de pocos dientes *Atractus paucidens* (Fig. 4b) y una serpiente látigo reticulada *Mastigodryas reticulatus* (Fig. 4c). Las identificaciones fueron posibles con base en la observación de los reptiles previo a la captura por el ave. El halcón reidor tiene una alta especialización en el consumo de reptiles principalmente serpientes, incluyendo algunas especies venenosas (Costa et al., 2014; Medrano-Vizcaíno, 2019).

Eventos 22-23. Depredación de una guagsa de Gunther *Stenocercus guentheri* (Fig. 4d) y un cutín cualita *Pristimantis* cf. *w-nigrum* (Fig. 4e) por parte del cernícalo americano *Falco sparverius*. Esta rapaz se alimenta principalmente de insectos y pequeños roedores (Billermann, 1996). Las dos presas son especies abundantes en la zona andina de Ecuador (Reyes-Puig et al., 2015; Ron et al., 2022). La guagsa de Gunther y otras dos especies de ranas cutines (cutín de Intag *P. curtipes* y cutín de Quito *P. unistrigatus*) fueron previamente documentadas como presas del cernícalo americano (Ramírez-Jaramillo et al., 2018).

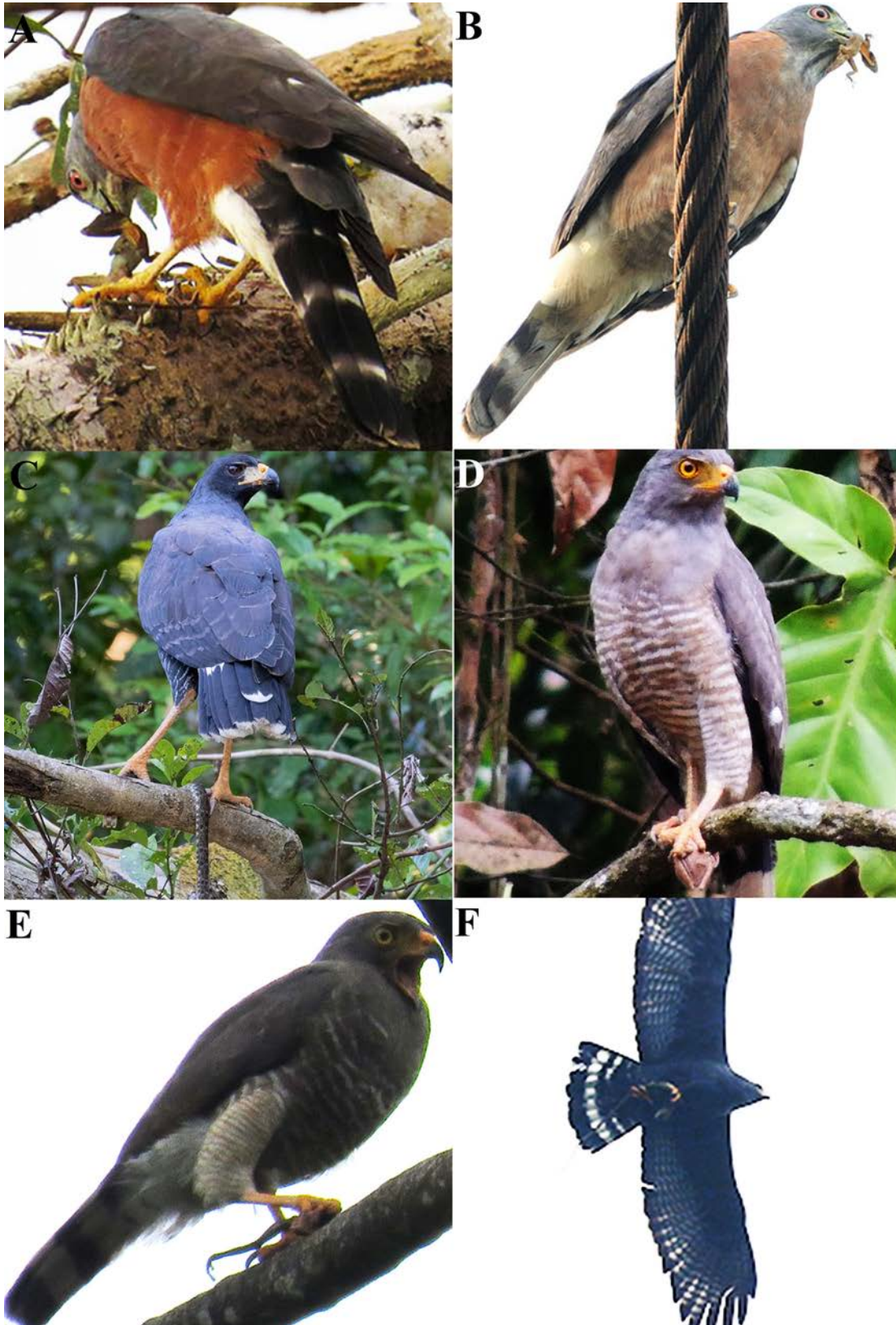


Figure 2. Predator-prey: (A y B) *Harpagus bidentatus*-*Anolis cf. ortonii*, (C) *Buteogallus urubitinga*-*Bothrops atrox*, (D) *Rupornis magnirostris*-*Osteocephalus* sp., (E) *R. magnirostris*-Hylidae, (F) *Buteo albonotatus*-Saurio. Photos: (A) Michelle Vela, (B) Sebastián Viscarra, (C) Jaime Culebras, (D) Manuel R. Dueñas, (E) Valentina Posse, (F) Xavier Amigo.

Figura 2. Depredador-presa: (A y B) *Harpagus bidentatus*-*Anolis cf. ortonii*, (C) *Buteogallus urubitinga*-*Bothrops atrox*, (D) *Rupornis magnirostris*-*Osteocephalus* sp., (E) *R. magnirostris*-Hylidae, (F) *Buteo albonotatus*-Saurio. Fotos: (A) Michelle Vela, (B) Sebastián Viscarra, (C) Jaime Culebras, (D) Manuel R. Dueñas, (E) Valentina Posse, (F) Xavier Amigo.



Figure 3. Predator-prey: (A) *Pharomachrus auriceps*-*Anolis proboscis*, (B) *Pharomachrus antisianus*-Hylidae, (C) *Chloroceryle americana*-*Basiliscus galeritus*, (D) *Baryphthengus martii*-*Coniophanes fissidens*, (E) *B. martii*-*Urotheca lateristriga*, (F) *Herpetotheres cachinnans*-Colubridae. Photos: (A, E) Romelly Quishpe, (B) Fredy Nugra, (C) Alexis Barahona, (D) Elías Suárez, (F) Xavier Amigo.

Figura 3. . Depredador-presa: (A) *Pharomachrus auriceps*-*Anolis proboscis*, (B) *Pharomachrus antisianus*-Hylidae, (C) *Chloroceryle americana*-*Basiliscus galeritus*, (D) *Baryphthengus martii*-*Coniophanes fissidens*, (E) *B. martii*-*Urotheca lateristriga*, (F) *Herpetotheres cachinnans*-Colubridae. Fotos: (A, E) Romelly Quishpe, (B) Fredy Nugra, (C) Alexis Barahona, (D) Elías Suárez, (F) Xavier Amigo.

Evento 24. Depredación de un anolis ecuatorial *Anolis cf. aequatorialis* por el trepatroncos barrado norteño *Dendrocolaptes sanctithomae* (Fig. 4f). Se han reportado pequeños vertebrados como presas de varias especies de trepatroncos amazónicos, pero no se habían identificado previamente, presas específicas para este trepatroncos en particular (Billermann, 1996). El anolis ecuatorial es probablemente una presa común de varias aves considerando que es abundante en los bosques donde habita (Torres-Carvajal et al., 2023).

Evento 25. Depredación de una lagartija anolis verde de Boulenger *Anolis chloris* por el atila variable *Attila spadiceus* (Fig. 5a); un ave omnívora, que incluye artrópodos, frutos y semillas ariladas y pequeños vertebrados en su dieta (Billerman et al., 2022). Previamente se reportó la depredación del abaniquillo centroamericano *Anolis limifrons* por esta ave (Billerman et al., 2022).

Evento 26. Una lagartija *Anolis* sp. fue capturada por una hembra adulta de gallito de la peña *Rupicola peruviana* y entregada a sus polluelos (Fig. 5b). El gallito de la peña tiene una dieta principalmente frugívora, pero se menciona que también captura lagartijas y ranas, especialmente durante el período de cría (Benalcázar & Benalcázar, 1984), como corresponde a este evento.

Evento 27. Depredación de un anolis ecuatorial *Anolis aequatorialis* por el pájaro paraguas *Cephalopterus penduliger* (Fig. 5c), el evento fue presenciado por aproximadamente 30 minutos durante los cuales primero se escucharon unos golpes en los árboles similares a un pájaro carpintero y seguidamente se observó al ave aproximadamente a 10 m del suelo con la presa en su pico. El ave voló hacia un árbol cercano con la lagartija en el pico para seguirla golpeando contra un árbol hasta que la empezó a tragar con varias regurgitaciones hasta su completa ingesta (Y. Luna com. pers.). Se ha documentado el consumo de reptiles, ranas y serpientes como parte de la alimentación de los pichones de pájaros paraguas (Karubian et al., 2003; Greeney et al., 2012), pero, este es el primer registro del anolis ecuatorial en la dieta de un adulto de pájaro paraguas (*Cephalopterus* sp.).

Evento 28. Depredación de una salamandera común de la costa *Phyllodactylus reissii* por el clarinero coligrande *Quiscalus mexicanus* (Fig. 5d). Esta ave es oportunista, ingiere una gran variedad de presas entre ellas ya se han registrado saurios como el anolis café de Cuba *Anolis sagrei*, el huico manchado de Sonora *Aspidoscelis sonorae*, la salamandera asiática *Hemidactylus frenatus*, la iguana verde *Iguana iguana*, el bejori de cerca

occidental *Sceloporus occidentalis* y la lagartija espinosa de hocico negro *S. melanorhinus* (Cupul-Magaña et al., 2018).

DISCUSIÓN

Los registros de depredación presentados aquí incrementan el conocimiento acerca de anfibios y reptiles en su papel de presas y a la par sobre las aves como depredadoras de los grupos antes mencionados. Los anfibios y reptiles son presas importantes de un heterogéneo grupo de aves que incluyen aves de presa diurnas, además de omnívoras, arbóreas, acuáticas y varios Passeriformes. La mayor frecuencia de herpetofagia ocurrió en las rapaces diurnas como *Gampsonyx swainsonii*, *Elanoides forficatus*, *Harpagus bidentatus*, *Buteogallus urubitinga*, *Rupornis magnirostris*, *Buteo albonotatus*, *Herpetotheres cachinnans* y *Falco sparverius*, que incluyeron 17 de los 28 eventos documentados. Los anfibios y reptiles son elementos importantes en la dieta de las rapaces neotropicales (Bo et al., 2007; Nahuat-Cervera et al., 2020). Nuestros datos lo corroboran y aumentan la lista de especies de anfibios y reptiles depredadas por rapaces ecuatorianas. Incluso de especies ampliamente distribuidas y cuya dieta está mejor conocida, como el halcón reidor *Herpetotheres cacchinans*, el cernícalo americano *Falco sparverius* o el gavilán campestre *Rupornis magnirostris* (Beltzer, 1990; Costa et al., 2014; Pozo-Zamora et al., 2017; Ramírez-Jaramillo et al., 2018).

Los eventos reportados en este trabajo incluyeron 19 especies identificadas de anfibios y reptiles, la mayoría de las cuales no habían sido previamente registradas en la dieta de aves. Los reptiles presa de las aves alcanzaron un 85.7 % con 24 individuos (18 saurios y seis serpientes) del total de registros. La mayor facilidad de registrar la depredación de reptiles por aves puede atribuirse a que los reptiles usualmente tienen patrón de actividad diurno, mayor número de especies arbóreas y mayor vulnerabilidad, debido a su necesidad de exponerse a la luz solar por cumplir su función metabólica ectotérmica, en contraste con los anfibios (Guyer, 1994; Savage, 2002; Solórzano, 2004).

Resaltan las serpientes en la dieta de momotos y las lagartijas del género *Anolis* en la dieta del quetzal cabecidorado, en especies de Passeriformes conocidos como insectívoros (atila variable, trepatroncos barrado norteño); y en Passeriformes conocidos como principalmente frugívoros (gallito de la peña, pájaro paraguas encorbatado). La presencia de *Anolis* en la dieta de estas aves influiría en su éxito reproductivo, ya que los vertebrados pueden constituir más del 20 % de la dieta de los polluelos de algunas aves frugívoras como los cotingas *Cephalopterus* o *Rupicola* (Benalcázar & Benalcázar, 1994; Karubian et al., 2003).

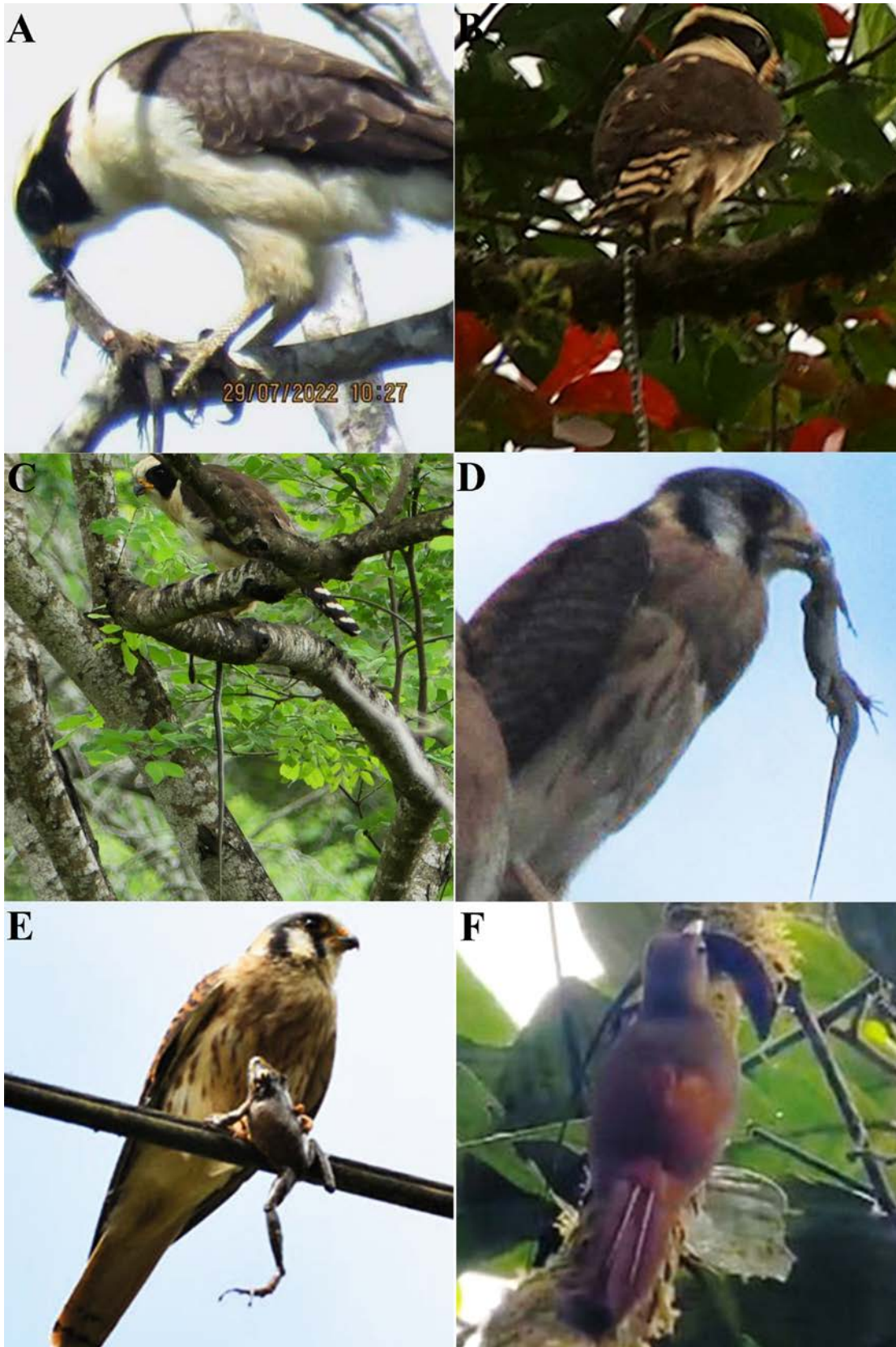


Figure 4. Predator-prey:

(A) *Herpetotheres cachinnans*-*Kentropyx pelviceps*, (B) *H. cachinnans*-*Atractus paucidens*, (C) *H. cachinnans*-*Mastigodryas reticulatus*, (D) *Falco sparverius*-*Stenocercus guentheri*, (E) *F. sparverius*-*Pristimantis* cf. *w-nigrum*, (F) *Dendrocolaptes sanctithomae*-*Anolis* cf. *aequatorialis*. Photos: (A) Luis Oyagata, (B, C) Lisa Brunetti, (D) Byron Calero, (E) Sebastián Viscarra, (F) Nelson Apolo.

Figura 4. Depredador-presa: (A) *Herpetotheres cachinnans*-*Kentropyx pelviceps*, (B) *H. cachinnans*-*Atractus paucidens*, (C) *H. cachinnans*-*Mastigodryas reticulatus*, (D) *Falco sparverius*-*Stenocercus guentheri*, (E) *F. sparverius*-*Pristimantis* cf. *w-nigrum*, (F) *Dendrocolaptes sanctithomae*-*Anolis* cf. *aequatorialis*. Fotos: (A) Luis Oyagata, (B, C) Lisa Brunetti, (D) Byron Calero, (E) Sebastián Viscarra, (F) Nelson Apolo.



Figure 5. Predator-prey: (A) *Attila spadiceus*-*Anolis chloris*, (B) *Rupicola peruvianus*-*Anolis* sp., (C) *Cephalopterus penduliger*-*Anolis aequatorialis*, (D) *Quiscalus mexicanus*-*Phyllodactylus reissii*. Photos: (A) Julie Watson, (B) David Galarza, (C) Yolanda Luna, (D) Lisa Brunetti. Apolo.

Figura 5. Depredador-presa: (A) *Attila spadiceus*-*Anolis chloris*, (B) *Rupicola peruvianus*-*Anolis* sp., (C) *Cephalopterus penduliger*-*Anolis aequatorialis*, (D) *Quiscalus mexicanus*-*Phyllodactylus reissii*. Fotos: (A) Julie Watson, (B) David Galarza, (C) Yolanda Luna, (D) Lisa Brunetti.

Por su parte, los anfibios fueron menos comunes como presas, alcanzando el 14.3 % (cuatro individuos) del total de registros. Esto es llamativo considerando que la ausencia de estructuras duras, además del pequeño tamaño y limitada movilidad los hacen presas fáciles de capturar y digerir (Wells, 1977). Probablemente, esta rapidez al ser consumidos dificulta el registro de los eventos mediante observación directa y serían más frecuentes de los presentados aquí. Una menor frecuencia de consumo de anfibios por aves podría también estar asociada a las coloraciones aposemáticas de varias especies o a su actividad nocturna y dependencia de hábitats acuáticos, lo cual requiere mayores estudios. Los anfibios pueden ser un ítem alimenticio más importante en la dieta de aves acuáticas ecuatorianas como garzas, íbices y otros como se ha observado en otras partes de Sudamérica (Martin et al., 2013).

CONCLUSIONES

Los 28 eventos de depredación compilados en Ecuador incrementan el conocimiento para tres anfibios, 18 reptiles; y a su vez aportan al conocimiento de la dieta para 18 especies de aves. Entre las presas de las aves, los reptiles dominaron en frecuencia con 85.7 % del total de registros (18 saurios y seis serpientes); los eventos de depredación de anfibios fueron apenas de cuatro individuos. Resalta el registro de dos presas amenazadas en su conservación: *Amblyrhynchus cristatus* (Vulnerable) y *Anolis proboscis* (En Peligro). La mayor frecuencia de herpetofagia, 17 de los 28 eventos documentados, ocurrió en aves rapaces. Los registros de estos eventos por observadores y fotógrafos de naturaleza aportan al conocimiento de la historia natural, esto es un claro ejemplo de ciencia ciudadana.

Agradecimientos.— Los autores agradecemos a Alexis Barahona, Ángel Bayona, Byron Calero, Christiana Fattorelli, David Galarza, Elías Suárez, Fabián Castillo, Fredy Nugra, Julie Watson, Lisa Brunetti, Luis Oyagata, Michelle Vela, Nelson Apolo, Nelson Monteros, Patricio Macas, Romelly Quishpe, Sebastián Viscarra, Valentina Posse, Xavier Amigo y Yolanda Luna por compartir sus registros y permitirnos el uso de sus fotografías.

LITERATURA CITADA

- Alava, J.J. & B. Haase. 2011. Waterbird biodiversity and conservation threats in coastal Ecuador and the Galapagos Islands. Pp. 271-314. En O. Grillo & G. Venora (Eds.), *Ecosystems Biodiversity*. IntechOpen, London, UK.
- Beltzer, A.H. 1990. Biología alimentaria del Gavilán común *Buteo magnirostris saturatus* (Aves: Accipitridae) en el valle aluvial del Río Paraná Medio, Argentina. *Ornitología Neotropical* 1:3-8.
- Benalcázar, C.E. & F. Silva de. Benalcázar. 1984. Historia natural del Gallo de Roca Andino (*Rupicola peruviana sanguinolenta*). *Cespedesia* 13:59-100.
- Billerman, S.M., B. Keeney, K. Rodewald & T.S. Schulenberg. 2022. Birds of the World, Cornell Laboratory of Ornithology, Ithaca, USA. <https://birdsoftheworld.org/bow/home>. [Consultado en octubre 2023].
- Bó, M.S., A.V. Baladrón & L.M. Bodi. 2007. Ecología trófica de Falconiformes y Strigiformes: tiempo de síntesis. *Hornero* 22:97-115.
- Bretagnolle, V. & H. Gillis. 2010. Predator-prey interactions and climate change. Pp. 227-248. En A.P. Møller, W. Fiedler & P. Berthold (Eds.), *Effects of Climate Change on Birds*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Cadena-Ortiz, H. 2020. Gavilán de Harris *Parabuteo unicinctus* depredando una serpiente. *Revista Ecuatoriana de Ornitología* 6:98-99.
- Cadena-Ortiz, H., J. Brito, M.C. Ríos, P. Piedrahita, G. Pozo-Zamora, H. Wagner & J. Freile. 2022. What do we know about the diet of Ecuadorian owls? Pp. 1-20. En H. Mikkola (Ed.), *Owls Clever Survivors*. IntechOpen, London, UK.
- Carvalho Filho, E.P.M., M. Canuto & G. Zorzín. 2006. Biología reproductiva e dieta do gavião preto (*Buteogallus urubitinga*: Accipitridae) no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia* 14:445-448.
- Costa, H.C, L.E. Lopes, B.M. Freitas & G. Zorzín. 2014 The reptile hunter's menu: a review of the prey species of laughing falcons, *Herpetotheres cachinnans* (Aves: Falconiformes). *North-Western Journal of Zoology* 10:445-453.
- Cupul-Magaña, F.G., F. Mc Cann & A.H. Escobedo-Galván. 2018. Observaciones generales de la dieta del zanate mexicano *Quiscalus mexicanus* en Puerto Vallarta, México. *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología* 19:96-99.
- de Souza, E., J. Lima-Santos, O.M. Entiauspe-Neto, M.M. dos Santos, P.R. de Moura & E. Hingst-Zaher. 2022. Ophiophagy in Brazilian birds: a contribution from a collaborative platform of citizen science. *Ornithology Research* 30:15-24.
- Duca, C., J.N. da Silva & F.B. Alvarenga. 2023. Diet of birds: assessing the stomach contents of some Neotropical species. *Ornithology Research* 31:298-301.
- Dueñas, M.R. & J.H. Valencia. 2019. *Andinosaura oculata* (Tropical Lightbulb Lizard). Predation. *Herpetological Review* 50:134.
- Dueñas, M.R. & L. Báez. 2021. Anfibios y Reptiles de la parroquia urbana Lumbaquí. Field Museum. <https://fieldguides.fieldmuseum.org/es/gu%C3%ADas/gu%C3%ADa/1308>. [Consultado en octubre 2023]
- Fernández-Arhex, V. & J.C. Corley. 2004. La respuesta funcional: una revisión y guía experimental. *Ecología Austral* 14:83-93.
- Freile, J.F. & R. Restall. 2018. *Birds of Ecuador*. Christopher Helm, Bloomsbury Publishing, London, UK.
- Gerhardt, R.P., D.M. Gerhardt & M.A. Vásquez. 2004. Food delivered to nests of swallow-tailed kites in Tikal National Park, Guatemala. *The Condor* 106:177-181.
- Gerhardt, R.P., M.P. Harris & M.A.M. Vásquez. 1993. Food-habits of nesting Great Black Hawks in Tikal National Park, Guatemala. *Biotropica* 25:349-352.
- Greeney, H.F., G.M. Kirwan & E.T. Miller. 2012. Nesting biology of the Long-wattled Umbrellabird *Cephalopterus penduliger*. Part II: nestling provisioning. *Cotinga* 34:23-27.
- Guyer, C. 1994. The Reptile Fauna: Diversity and Ecology. Pp. 210-216. En McDade, L.K., H. Bawa & G. Hespenheide (Eds.), *La*



- Selva: Ecology and Natural History of a Neotropical Rain Forest. The University of Chicago, Chicago. USA.
- Haverschmidt, F. 1962. Notes on the feeding habits and food of some hawks in Surinam. *Condor* 64:154-158.
- IUCN. 2022. The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2022-2. <https://www.iucnredlist.org>. [Consultado en diciembre 2023].
- Karubian, J., G. Castañeda, J.F. Freile, R.T. Salazar, T. Santander & T.B. Smith. 2003. Nesting biology of a female Long-wattled Umbrellabird *Cephalopterus penduliger* in north-western Ecuador. *Bird Conservation International* 13:351-360.
- Koski, D.A., A.P. Valadares-Koski & A.F. Barreto-Lima. 2016. Predation of *Polychrus marmoratus* (Squamata: Polychrotidae) by *Buteo albonotatus* (Accipitriformes: Accipitridae) in southeastern Brazil. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leita* 38:23-30.
- Lucas, P.S., A.G. Poubel & C.R. Ruiz-Miranda. 2020. *Micrurus corallinus* (Painted Coral Snake) Predation. *Herpetological Review* 51:148-149.
- Maturana, H.R. 1962. A study of the species of the genus *Basiliscus*. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College* 128:1-34.
- Medrano-Vizcaíno, P. 2019. Predating behavior of the Laughing falcon (*Herpetotheres cachinnans*) on the venomous Amazonian pit viper *Bothrops atrox* (the use of roads as a prey source). *BioRisk* 14:25-30.
- Meyer, K.D., S.M. McGehee & M.W. Collopy. 2004. Food deliveries at Swallow-tailed Kite nests in southern Florida. *The Condor* 106:171-176.
- Nahuat-Cervera, P.E., J.R. Avilés-Novelo, I. Arellano-Ciau, L.G. Trinchán-Guerra & R.J. Pacab-Cox. 2020. Registros de consumo de reptiles (Squamata: Lacertilia y Serpentes) por aves de presa diurnas (Aves: Accipitriformes y Cathartiformes) en la Península de Yucatán, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 3:126-132.
- Orihuela-Torres, A., J. Brito & J.M. Pérez-García. 2019. First observations of the diet of the Pearl Kite (*Gampsonyx swainsonii magnus*) in southwestern Ecuador. *Revista Brasileira de Ornitologia* 27:195-198.
- Pagotto, A. H., E. Muscat & D. R. Stuginski. 2019. Predatory behavior of a rufous-capped motmot (*Baryphthengus ruficapillus*) on a mammal (*Monodelphis* sp.). *Ornitología Neotropical* 30:229-231.
- Poulin, B., G. Lefebvre, R. Ibáñez, C. Jaramillo, C. Hernández & A. Stanley Rand. 2001. Avian predation upon lizards and frogs in a neotropical forest understory. *Journal of Tropical Ecology* 17:21-40.
- Pozo-Zamora, G.M., J. Aguirre & J. Brito. 2017. Dieta del cernícalo americano (*Falco sparverius* Linnaeus, 1758) en dos localidades del valle interandino del norte de Ecuador. *Revista peruana de biología* 24:145-150.
- Ramírez-Jaramillo, S.M. & J.M. Castillo-Merino. 2020. Registros de ataque y depredación sobre anfibios y reptiles de Limoncocha, Amazonía norte de Ecuador. *Acta Zoológica Lilloana* 64:65-72.
- Ramírez-Jaramillo, S.M., N.A. Allan-Miranda, M. Salazar, N.B. Jácome-Chiriboga, J. Robayo, A. Marcayata, J.P. Reyes-Puig & M.H. Yáñez-Muñoz. 2018. Revisión de las presas vertebradas consumidas por *Falco sparverius* en América del sur y nuevos registros para Ecuador. *El Hornero* 33:51-57.
- Remsen, J.V., J.I. Arreta, E. Bonaccorso, S. Claramunt, G. Del-Rio, A. Jaramillo, D.F. Lane, M.B. Robbins, E.G. Stiles & K.J. Zimmer. 2023. Version [27 November 2023]. A classification of the bird species of South America. Museum of Natural Science, Louisiana State University. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.htm>. [Consultado en diciembre 2023]
- Reyes-Puig, C., P.A. Meza-Ramos, M.R. Dueñas, P. Bejarano-Muñoz, S.M. Ramírez-Jaramillo, J.P. Reyes-Puig & M.H. Yáñez-Muñoz. 2015. Guía de Identificación de Anfibios y Reptiles Comunes de la Estación Experimental "La Favorita". Serie de Publicaciones Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales del Instituto Nacional de Biodiversidad (INB-MECN). Guías Rápidas de Campo Nro.1. Quito-Ecuador
- Robinson, S.K. 1994. Habitat selection and foraging ecology of raptors in Amazonian Peru. *Biotropica* 26:443-458.
- Ron, S.R., A. Merino-Viteri & D.A. Ortiz. 2022. Anfibios del Ecuador. Versión 2022.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb> [Consultado en noviembre 2023].



- Sandoval, L., E. Biamonte & A. Solano Ugalde. 2008. Previously unknown food items in the diet of six neotropical bird species. *Wilson Journal of Ornithology* 120:214-216.
- Savage, J. 2002. *The Amphibians and Reptiles of Costa Rica: A Herpetofauna between Two Continents, between Two Seas*. University Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Schulze, M.D., J.L. Córdova, N.E. Seavy & D.F. Whitacre. 2000. Behavior, diet, and breeding biology of Double-toothed Kites at a Guatemalan lowland site. *Condor* 102:113-126.
- Solórzano, A. 2004. *Serpientes de Costa Rica*. INBio, Heredia, Costa Rica.
- Toledo, L., R. Silva & C. Haddad. 2007. Anurans as prey: an exploratory analysis and size relationships between predators and their prey. *Journal of Zoology* 271:170-177.
- Torres-Carvajal, O., G. Pazmiño-Otamendi, F. Ayala-Varela & D. Salazar-Valenzuela. 2023. *Reptiles del Ecuador*. Versión 2023.1. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://bioweb.bio/faunaweb/reptiliaweb>. [Consultado en noviembre 2023].
- Valencia, J.H., E. Toral, M. Morales, R. Betancourt & A. Barahona. 2008. *Guía de campo de anfibios del Ecuador*. Fundación Herpetológica Gustavo Orcés, Simbioe, Quito, Ecuador.
- Valencia-Aguilar, A., A.M. Cortés-Gómez & C.A. Ruiz-Agudelo. 2013. Ecosystem services provided by amphibians and reptiles in Neotropical ecosystems. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management* 9:257-272.
- Vitt, L.J. & J.P. Caldwell. 2009. *Herpetology. An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. Third edition. Academic Press, USA.
- Wells, K.D. 1977. The social behaviour of anuran amphibians. *Animal Behaviour* 25: 666-693.
- Wikelski, M., & K. Nelson. 2004. Conservation of Galápagos marine iguanas (*Amblyrhynchus cristatus*). *Iguana* 11:191-197.



PRIMER REGISTRO DE AXANTISMO EN UN REPTIL MEXICANO: EL CASO DEL GARROBO NEGRO, *CTENOSAURA SIMILIS* (SQUAMATA: IGUANIDAE)

FIRST REPORT OF AXANTHISM IN A MEXICAN REPTILE: THE CASE OF THE BLACK IGUANA, *CTENOSAURA SIMILIS* (SQUAMATA: IGUANIDAE)

Marco Antonio Rojas-Mendez*, Saúl Saldaña-Martínez & Joaquín Villegas-Ruíz*

¹ICVS-COATLAN S.A.S. Alonso García B. 302-A, El Rosario, Tlalnepantla de Baz, Estado de México.

*Correspondence: bio.antonio.rojas.herp@gmail.com; contacto@grupocoatlan.com

Received: 2024-11-28. Accepted: 2025-02-07. Published: 2025-05-29.

Editor: Oswaldo Hernández Gallegos, México.

Abstract.—The first case of axanthism is reported for the Black Iguana, *Ctenosaura similis* (Iguanidae), marking the first record of an axanthic iguanid and, more generally, a wild axanthic reptile in Mexico.

Keywords.—Axanthism, first report, iguanid, Mexico, pigmentation.

Resumen.—Se registra por primera vez la condición de axantismo para el Garrobo Negro, *Ctenosaura similis* (Iguanidae), siendo el primer registro de un iguánido, y en general de un reptil silvestre axántico en México.

Palabras clave.—Axantismo, iguánido, México, pigmentación, primer registro.

La coloración es un aspecto fundamental en la ecología y el comportamiento de los animales (De Oliveira et al., 2021). Las expresiones fenotípicas anómalas en reptiles, como el albinismo (carencia de melanina que da como resultado coloraciones blanco rosáceo, amarillos o dorados con pupilas rojas), el leucismo (coloración blanca en el cuerpo de los ejemplares mientras que los ojos y uñas conservan su pigmentación normal), el melanismo (coloración negra en los organismos), el piebaldismo (similar al leucismo, pero caracterizado por expresar manchas blancas irregulares con ojos de coloración normal) se deben usualmente a la concentración elevada o la falta de algún o algunos pigmentos en el cuerpo de los organismos (Rivera et al., 2001a, b; Roncancio & Ramírez-Chaves, 2008; Brito-de Oliveira et al., 2024). Por su parte, el axantismo es una condición que se caracteriza por expresar fenotípicamente el color azul de los organismos que son usualmente de color verde; esta variación cromática corporal se explica debido a que la piel de los individuos, impide el reflejo de la luz en las longitudes de onda rojo y amarillo al carecer de xantóforos, eritróforos e iridóforos, cuando el axantismo se presenta en organismos de color claro o de color marrón, puede provocar pigmentación gris u oscura en ellos (Vásquez-Cruz & Fuentes-Moreno, 2020; Allain et al., 2023). Sin embargo, el axantismo oscuro se suele

confundir con el melanismo, aunque este último se caracteriza por mantener visible el patrón corporal del individuo (Vásquez-Cruz & Fuentes-Moreno, 2020).

La mayoría de registros de esta condición provienen de casos con anfibios en otros países (p. ej., Martínez-Silvestre et al., 2016; Kolenda et al., 2017; Chilote & Moreno, 2019; De Oliveira et al., 2021; De Souza et al., 2021; Allain et al., 2023), y algunos de México (p. ej., Vásquez-Cruz & Fuentes-Moreno, 2020; Hernández-Vázquez et al., 2023). Particularmente en reptiles, esta condición es aún más inusual, y los registros se limitan a casos de serpientes en otros países con axantismo oscuro, como el registro de *Zamenis longissimus* en Italia por Cattaneo (2015), el registro de *Erythrolamprus poecilogyrus* en Uruguay por Borteiro et al. (2021), y el registro de *Anguis fragilis* en Londres por Allain et al. (2023).

Ctenosaura similis es una iguana nativa de estados sureños de México (Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán), con una longitud hocico-cloaca de 275-350 mm, encontrándose desde el nivel del mar, hasta elevaciones de 800 m s.n.m. (García-Rosales et al., 2020; Reynoso-Rosales et al., 2021; González-Sánchez & Landeo-Yuri, 2023; Uetz et al.,

2024). La coloración típica de esta especie varía según su etapa ontogenética (Fig. 1). Cuando son crías o juveniles presentan una coloración verde altamente conspicua en todo el cuerpo con franjas negras transversales en el dorso y cola, a medida que crecen y pasan a la etapa adulta, la coloración verde se pierde, y adquieren una coloración grisácea de fondo con manchas en la espalda y bandas transversales oscuras a lo largo del cuerpo; en individuos demasiado viejos, los colores pueden variar en un rojo, marrón cobrizo o incluso negro; durante la temporada reproductiva, los machos se tornan de color naranja, y la región gular presenta un color amarillo con marcas azules (Almonte-Espinosa, 2021; Briggs-Gonzalez et al., 2023).

El 26 de agosto de 2024, durante un muestreo de campo realizado en la localidad de Allende, Coatzacoalcos, Veracruz (18° 8' 41.78" N, 94° 23' 57.52" W; Datum: WGS84), se registró un avistamiento de un macho adulto de *C. similis* con una coloración

atípica de tono azul prácticamente en toda su superficie corporal (Fig. 2). Aunque en la zona existe convergencia entre *C. similis* y *Ctenosaura acanthura*, la identificación del ejemplar se realizó utilizando las claves de De Keiros (1995) y de la guía visual de la CITES-Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (2019), donde los rasgos distintivos que permitieron su determinación incluyen la presencia de al menos dos filas de escamas intercaladas entre los verticilos y las bandas transversales en el dorso, características clave para la diferenciación de la especie.

El macho fue observado a las 14:03 h, mientras tomaba el sol, posado sobre la hojarasca, a una distancia aproximada de cinco metros de los observadores. El registro se limitó únicamente a una serie de fotografías, debido a que el ejemplar se mostraba evasivo ante cualquier intento de acercamiento. La coloración del individuo fue identificada por medio de las fotografías



Figure 1. Typical coloration across life stages in *Ctenosaura similis*: green coloration in hatchlings and juveniles (a); gray coloration in adult females (b); copper-brown coloration in older females (c); black coloration in older males (d). Photos: Marco Antonio Rojas-Mendez.

Figura 1. Coloraciones típicas en los estadios de edad en *Ctenosaura similis*: coloración verde en cría-juvenil (a); coloración gris en hembra adulta (b); coloración marrón-cobrizo en hembra vieja (c); coloración negra en macho viejo (d). Fotos: Marco Antonio Rojas-Mendez.



Figure 2. Adult male *Ctenosaura similis* with blue coloration basking on leaf litter, using direct sunlight to regulate its body temperature. Close-up of an adult male with bluish coloration, displaying scales, gular folds, and dorsal spines (a); full-body lateral view of the same individual in its habitat (b); contrast between the substrate and vegetation in relation to the bluish coloration (c); posterior perspective focused on the cephalic region and dorsal spines (d). Photos: Marco Antonio Rojas-Mendez.

Figura 2. Macho adulto azul de *Ctenosaura similis* tomando el sol sobre la hojarasca, aprovechando la luz directa para regular su temperatura corporal. Primer plano del macho adulto con coloración azulada, exhibiendo escamas, pliegues gulares y espinas dorsales (a); vista lateral de cuerpo completo del mismo individuo en su hábitat (b); contraste entre el sustrato y la vegetación con respecto a la coloración azul (c); perspectiva posterior enfocada en la región cefálica y espinas dorsales (d). Fotos: Marco Antonio Rojas-Mendez.

y de acuerdo con el Catálogo de Colores para Biólogos de Campo “Colour Catalogue for Field Biologists” de Köhler (2012), abarcando los tonos 146 (light turquoise green), del 156 (cyan white) al 160 (medium cyan), así como los tonos 287 (pale bluish gray) y 288 (light bluish gray), predominando la paleta de colores comprendida entre los tonos 156 y 160, confirmando la dominancia de los tonos azules típicos de una condición por axantismo en reptiles, sin embargo, se sugiere que puede tratarse de un caso de axantismo parcial, debido a la apreciación de sutiles tonos amarillentos en la cola y la base de las espinas dorsales del ejemplar. Las fotografías del ejemplar de *C. similis* con axantismo fueron depositadas en la Colección Fotográfica de Herpetología (CFH), Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México, bajo los números CFH 42 al CFH 45. El sitio de observación se ubicaba

en la cima de una loma a 33 m s.n.m. la cual rodea un cuerpo de agua natural y colinda con la carretera del túnel submarino de Coatzacoalcos (México-Veracruz), en las cercanías de la zona industrial de Allende. Aunque no es un área frecuentemente transitada, se presenta una vegetación de tipo secundaria arbórea de selva mediana perennifolia, con actividad ganadera en las faldas de la loma (Fig. 3). Esto sugiere que, a pesar de la proximidad del sitio a un área industrial y el uso agrícola en los alrededores, este hábitat aún ofrece refugios naturales que facilitan la presencia de fauna silvestre.

En la búsqueda de información que registrara la condición de axantismo en esta especie o en el género *Ctenosaura*, solamente se encontró evidencia fotográfica de dicha condición en distintos registros en la plataforma iNaturalist (Tabla 1) y en dos

Table 1. Observations of *Ctenosaura similis* individuals displaying partial or complete axanthism on the iNaturalist platform with "research" quality grade.

Tabla 1. Observaciones de individuos de *Ctenosaura similis* con axantismo total o parcial en la plataforma de iNaturalist con el grado de calidad de "investigación".

Observador	Tipo de axantismo	Ubicación	Link de la observación
jamesbyrne1	Parcial	Yucatán, México	https://www.inaturalist.org/observations/248631483
barbyescaler	Parcial	Cozumel, México	https://www.inaturalist.org/observations/236800964
dwrightbaker	Total	Belice	https://www.inaturalist.org/observations/246017161
dlofland	Total	Costa Rica	https://mexico.inaturalist.org/observations/147017839
asurkan	Total	Belice	https://costarica.inaturalist.org/observations/37017517
owlex	Parcial	Florida, USA	https://costarica.inaturalist.org/observations/146064364
jzoom	Parcial	Costa Rica	https://costarica.inaturalist.org/observations/45667278



Figure 3 Presence of livestock grazing at the base of the hill where the specimen was sighted. Photo: Marco Antonio Rojas-Mendez.

Figura 3. Presencia de ganado pastoreando a las faldas de la loma donde se avistó al ejemplar. Foto: Marco Antonio Rojas-Mendez.

fotos de referencia en la información de la especie en The Reptile Database (Uetz et al., 2024). Sin embargo, no se encontró alguna fuente publicada en la literatura que describiera esta condición para *C. similis*.

La contaminación ambiental ha sido relacionada con algunas anomalías pigmentarias en vertebrados, según lo registrado por Rodríguez-Ruiz et al. (2017) y Arzate-Garay et al. (2024). Asimismo Jablonski et al. (2014), notaron que, aunque el axantismo es provocado por los mecanismos genéticos, no se deben excluir factores ambientales como la contaminación para que se presente esta condición. Por ello, se sugiere que la cercanía industrial a la zona de donde se avistó al individuo de *C. similis*, podría influir en esta anomalía pigmentaria, aunque es necesario realizar estudios adicionales para comprender su relación con dicha causa.

En particular, la coloración azul puede ser un factor que no favorece a los individuos que la poseen, pues los hace de un color más visible y poco mimético en el entorno, además, Briggs-Gonzalez et al. (2023) mencionan que los individuos de *C. similis* tienden a ser mayormente propensos a atacar objetos brillantes, por lo que esta condición podría dificultar que los ejemplares con esta pigmentación encuentren pareja, al aumentar su vulnerabilidad a ataques de otros individuos en situaciones de competencia o defensa territorial y un problema de reconocimiento intraespecífico; aunado a lo anterior la coloración tiene un papel crucial en la termorregulación de reptiles, tal como lo mencionan Labra et al. (2008), los colores oscuros actúan como receptores de calor, mientras que los colores claros favorecen el rechazo térmico. Sin embargo, en estudios de termorregulación de otras especies de *Ctenosaura* como el realizado por Valenzuela-Ceballos et al. (2015), sobre *C. oaxacana*, no mencionan que la coloración sea un factor influyente en la termorregulación. A pesar de esto, Labra et al. (2008) explican que las coloraciones entre especies del mismo género pueden o no influir en la termorregulación. En este contexto, se podría inferir que el axantismo, al ser un color menos absorbente de calor, tendría una posible desventaja al no acumular suficiente energía térmica, generando un estrés térmico constante. Otra desventaja en los individuos con esta coloración en entornos naturales, es que son más evidentes a la vista de posibles depredadores, así como lo menciona Arriaga-Noguez (2003) las coloraciones de las crías-juveniles están adaptadas para camuflarse en sus respectivos hábitats, lo que les ayuda a evitar su depredación. Además, la coloración gris o marrón en adultos, puede desempeñar un papel similar, actuando como un mecanismo de camuflaje por ser colores crípticos.

Aunque el ejemplar observado se encontraba en un sustrato de contraste con su coloración, la baja concurrencia humana y la nula presencia de otros individuos de la misma especie en el parche de vegetación, podrían ser factores que ayuden a explicar las razones por las que este macho alcanzó el tamaño adulto. No obstante, la peculiar coloración azul observada en este individuo, es un indicativo de la condición genética de axantismo, siendo este estudio, el primer registro de dicha condición en la especie y de manera general, en un reptil silvestre en México, sin embargo, no se puede descartar que podría ser una respuesta adaptativa específica o una causa de la contaminación, aunque se requieren estudios adicionales para determinar las causas y posibles implicaciones de esta variación fenotípica poco común en la especie.

Agradecimientos.— Se le agradece a ICVS-COATLAN S.A.S por brindar el respaldo y apoyo para generar información y conocimiento de la herpetofauna.

LITERATURA CITADA

- Allain, S.J.R., D.J. Clemens, & O. Thomas. 2023. Taste the rainbow: a review of color abnormalities affecting the herpetofauna of the British Isles. *Reptiles & Amphibians* 30:e18470.
- Almonte-Espinosa, H., E. de la Llata & J.M. Mora. 2021. Segregación de hábitat de individuos adultos y juveniles del garrobo *Ctenosaura similis* en el Parque Nacional Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 4:26-34.
- Arriaga-Noguez, A. 2003. Aspectos generales de la ecología de la Iguana negra *Ctenosaura similis* (Iguanidae) de Isla Contoy, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Arzate-Garay, L.S., S.A. Quiroz-Adrian, L.F. Hernández-Sánchez, E. Oviedo-Hernández, O. Hernández-Gallegos & J.R. Flores-Santin. 2024. Primer registro de eritrisismo en *Thamnophis scalaris* (Squamata: Colubridae) en el Estado de México, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 7:52-55.
- Borteiro, C., A.D. Abegg, F.H. Oda, D. Cardozo, F. Kolenc, I. Etchandy, I. Bisaiz, C. Prigioni & D. Baldo. 2021. Aberrant colourations in wild snakes: case study in Neotropical taxa and a review of terminology. *Salamandra* 57:124-138.
- Briggs-Gonzalez, V., C. Klovansh, P. Evans & F.J. Mazzotti. 2023. A species profile for the Black Spiny-tailed Iguana (*Ctenosaura similis*). *The Southeastern Naturalist* 22:292-314.

- Brito-de Oliveira, M., M. de Almeida-Gentil, M.A. Calvano-Cosentino & C. Rodrigues-Bonvicino. 2024. Review of chromatic disorder in the genus *Artibeus* (Chiroptera, Phyllostomidae), with new data for *A. lituratus* (Olfers, 1818). *Notas sobre Mamíferos Sudamericanos* 6:1-11.
- Cattaneo, A. 2015. The *Zamenis longissimus* (Laurenti) axanthic phenotype found on the Castelporziano Presidential Estate: considerations on its morphology, genetic nature and probable extinction (Serpentes: Colubridae). *Rendiconti Lincei* 26:385-389.
- Chilote, P.D. & L.E. Moreno. 2019. Primer registro de axantismo para el género *Melanophryniscus* (Anura: Bufonidae). *Boletín de la Asociación Herpetológica Española* 30:60-61.
- CITES-Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2019. Eighteenth meeting of the Conference of the Parties Colombo (Sri Lanka) in Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora CITES. Versión 2019. <https://cites.org/sites/default/files/eng/cop/18/prop/E-CoP18-Prop-31.pdf> [Consultado en noviembre 2024].
- De Oliveira, C.R., W. Mascarenhas, S. Cardozo-Ribeiro & D.M. Borges-Nojosa. 2021. Axanthism in *Pithecopus gonzagai* Andrade et al., 2020 (Anura: Phyllomedusidae). *Cuadernos de Herpetología* 35:157-159.
- De Queiroz, K. 1995. Checklist and key to the extant species of Mexican Iguanas (Reptilia: Iguanidae). *Publicaciones Especiales del Museo de Zoología* 9:1-48.
- De Souza, F.C., A.L. Ferreira-da Silva, C. Saraiva-dos Anjos, T. Freisleben-Estevinho, M. de Oliveira-Lisboa & M. Menin. 2021. New records of morphological anomalies in anurans, with a review for Brazil. *Herpetology Notes* 14:31-41.
- García-Rosales, A., A. Arriaga-Noguez & A. Ramírez-Bautista. 2020. Natural history of the Black Iguana *Ctenosaura similis* (Squamata: Iguanidae) in Isla Contoy, Quintana Roo, Mexico. *Acta Biológica Colombiana* 25:394-402.
- González-Sánchez, V.H. & S. Landeo-Yauri. 2023. First insular record of the Black Spiny-tailed Iguana (*Ctenosaura similis*) in the cays of Sian Ka'an, in the Mexican Caribbean. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:197-199.
- Hernández-Vázquez, M.E., M.A. García-Jiménez & R. Montejo-Hernández. 2023. Anomalies in three species of anurans in the state of Chiapas, Mexico. *Reptiles & Amphibians* 30:e20113.
- Jablonski, D., A. Alena, P. Vlček & D. Jandzik. 2014. Axanthism in amphibians: a review and the first record in the wide-spread toad of the *Bufo viridis* complex (Anura: Bufonidae). *Belgian Journal of Zoology* 144:93-101.
- Kolenda, K., B. Najbar, A. Najbar, P. Kaczmarek, M. Kaczmarek & T. Skawiński. 2017. Rare colour aberrations and anomalies of amphibians and reptiles recorded in Poland. *Herpetology Notes* 10:103-109.
- Köhler, G. 2012. Color Catalogue for Field Biologists. Herpeton. Herpeton Verlag Elke Kohler. Offenbach, Alemania.
- Labra, A., M.A. Vidal, R. Solís & M. Penna. 2008. Ecofisiología de anfibios y reptiles. Pp. 483-516. En Vidal-Maldonado, M.A. & A. Labra-Lillo (Eds), *Herpetología de Chile*. Ediciones Science Verlag, Santiago de Chile, Chile.
- Martínez-Silvestre, A., J. Soler & A. Montori. 2016. Axantismo en *Pelophylax perezii*: nuevas citas en Cataluña. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española* 27:53-55.
- Reynoso-Rosales, V.H., R.C. Rivera-Arroyo & M.L. Vázquez-Cruz. 2021. *Ctenosaura similis* (iguana rayada). Distribución potencial, escala 1:1,000,000. Edición: 1. CONABIO. <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/csi006dpgw.html#idinfo> [Consultado en enero 2025].
- Rivera, X., O. Arribas & F. Martí. 2001a. Anomalías pigmentarias en anfibios y reptiles. *Quercus* 180:18-22.
- Rivera, X., O. Arribas & F. Martí. 2001b. Anomalías pigmentarias en las especies de reptiles presentes en la Península Ibérica, Islas Baleares y Canarias. *Butlletí de la Societat Catalana d'Herpetologia* 15:76-88.
- Rodríguez-Ruiz, R.E., W.A. Poot-Poot, R. Ruiz-Salazar & J. Treviño-Carreón. 2017. Nuevos registros de aves con anomalía pigmentaria en México y propuesta de clave dicotómica para la identificación de casos. *Huitzil* 18:57-70.
- Roncancio, N. & H.E. Ramírez-Chaves. 2008. Registro de leucismo en *Sturmira erythromos* en los Andes centrales de Colombia. *Chiroptera Neotropical* 14:412-414.
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar, F. Reyes, J. Kudera & J. Hošek (Eds.). 2024. The Reptile Database. <http://www.reptile-database.org>, [Consultado en noviembre 2024].



- Valenzuela-Ceballos, S., G. Castañeda, T. Rioja-Paradela, A. Carrillo-Reyes & E. Bastiaans. 2015. Variation in the thermal ecology of an endemic iguana from Mexico reduces its vulnerability to global warming. *Journal of Thermal Biology* 48:56-64.
- Vásquez-Cruz, V. & A. Fuentes-Moreno. 2020. Antes verde, ahora azul: primer caso de axantismo en *Smilisca baudinii* (Duméril y Bibron, 1841) (Amphibia: Anura). *Cuadernos de Herpetología* 34:313-320.



NEW CONTRIBUTIONS ON THE REPRODUCTION OF TWO AMAZONIAN ANOLES: *ANOLIS FUSCOAURATUS* AND *ANOLIS PUNCTATUS* (ANOLIDAE)

NUEVAS APORTACIONES SOBRE LA REPRODUCCIÓN DE DOS ANOLIS AMAZÓNICOS: *ANOLIS FUSCOAURATUS* Y *ANOLIS PUNCTATUS* (ANOLIDAE)

Joseph L. Oakley^{1*} & G. Milagros Reyes-Lizarraga^{2,3}

¹Crees Foundation for Manu, Manu Learning Centre, Fundo Mascoitania S/N, Manu, Madre de Dios, Perú.

²Rainforest Expeditions, Av. Aeropuerto, La Joya Km 6 Puerto Maldonado, Madre de Dios, Perú.

³Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Calle Germán Amezaga N° 375, Lima, Perú.

*Correspondence: josephoakley94@gmail.com

Received: 2024-11-12. Accepted: 2025-02-06. Published: 2025-05-29.

Editor: Ernesto Raya García, México

Resumen.— *Anolis punctatus* y *A. fuscoauratus* son lagartijas amazónicas de amplia distribución, aunque la información sobre su biología reproductiva sigue siendo escasa. Reportamos observaciones respecto a la reproducción de ambas especies y proporcionamos datos novedosos sobre el período de incubación y el tamaño de la cría de *A. punctatus*, y el tamaño de la nidada y el comportamiento de puesta de huevos de *A. fuscoauratus*.

Palabras clave.— Cría, huevos, lagartija, tiempo de incubación.

Abstract.— *Anolis punctatus* and *A. fuscoauratus* are widely distributed Amazonian lizards, although information on their reproductive biology remains sparse. We report observations of reproduction in both species and provide novel data on incubation period and hatchling size of *A. punctatus* and clutch size and egg-laying behaviour of *A. fuscoauratus*.

Keywords.— Eggs, hatchling, incubation time, lizard.

The brown-eared anole, *Anolis fuscoauratus* (D'Orbigny, 1837), and the Amazon green anole, *A. punctatus* (Daudin, 1802), are small-sized diurnal lizards distributed throughout the Amazon basin in primary, secondary and disturbed terra firme forests, flooded forests, and forest edges (Dixon & Soini, 1986; Avila-Pires, 1995; Vitt et al., 2003a,b). In both species, reproduction has been documented to occur throughout the year (Duellman, 1978; Dixon & Soini, 1986; Duellman, 2005). Gravid females of *A. fuscoauratus* and *A. punctatus* are reported to carry one or two oviductal eggs, however records suggest that they only lay a single egg at a time (Duellman, 1978; Dixon & Soini, 1986; Avila-Pires, 1995; Duellman, 2005). Despite both species having a widespread distribution and being commonly sighted in many areas, direct observations of their reproduction are rarely reported. Consequently, information on their reproductive biology is sparse. Here we report novel information on incubation period and hatchling size in *A. punctatus*, and clutch size and egg-laying behaviour in *A. fuscoauratus*.

On 16th September 2023 at 21:15 h, we found an adult female *A. punctatus* perched on a tree branch ca. 210 cm above the ground in the garden of the Manu Learning Centre Biological Field Station (12.78804° S, 71.39127° W; WGS 84; 460 m a.s.l.), Madre de Dios, Peru. The anole was captured to take data for a long-term herpetological monitoring programme and measured 71.2 mm snout-vent length and 181.9 mm tail length. While in captivity, at some point during the following day, it laid a single egg measuring 16.1 mm x 8.1 mm, with a volume of 553.1 mm³. The adult *A. punctatus* was released on 17th September 2023 at the capture site. Due to the lack of information about nest sites in *A. punctatus*, we decided to incubate the egg in captivity to monitor it during development and hatching. We placed the egg in a plastic container (12 x 12 x 12.5 cm) on top of a layer of lightly moistened soil and covered it with leaf litter. We maintained it at ambient temperature, between approximately 17°C and 38°C, and sprayed the leaf litter with water daily to maintain humidity. The egg hatched 83 days later on 9th December 2023, with a male neonate emerging from the distal end of the egg (Fig. 1a). The

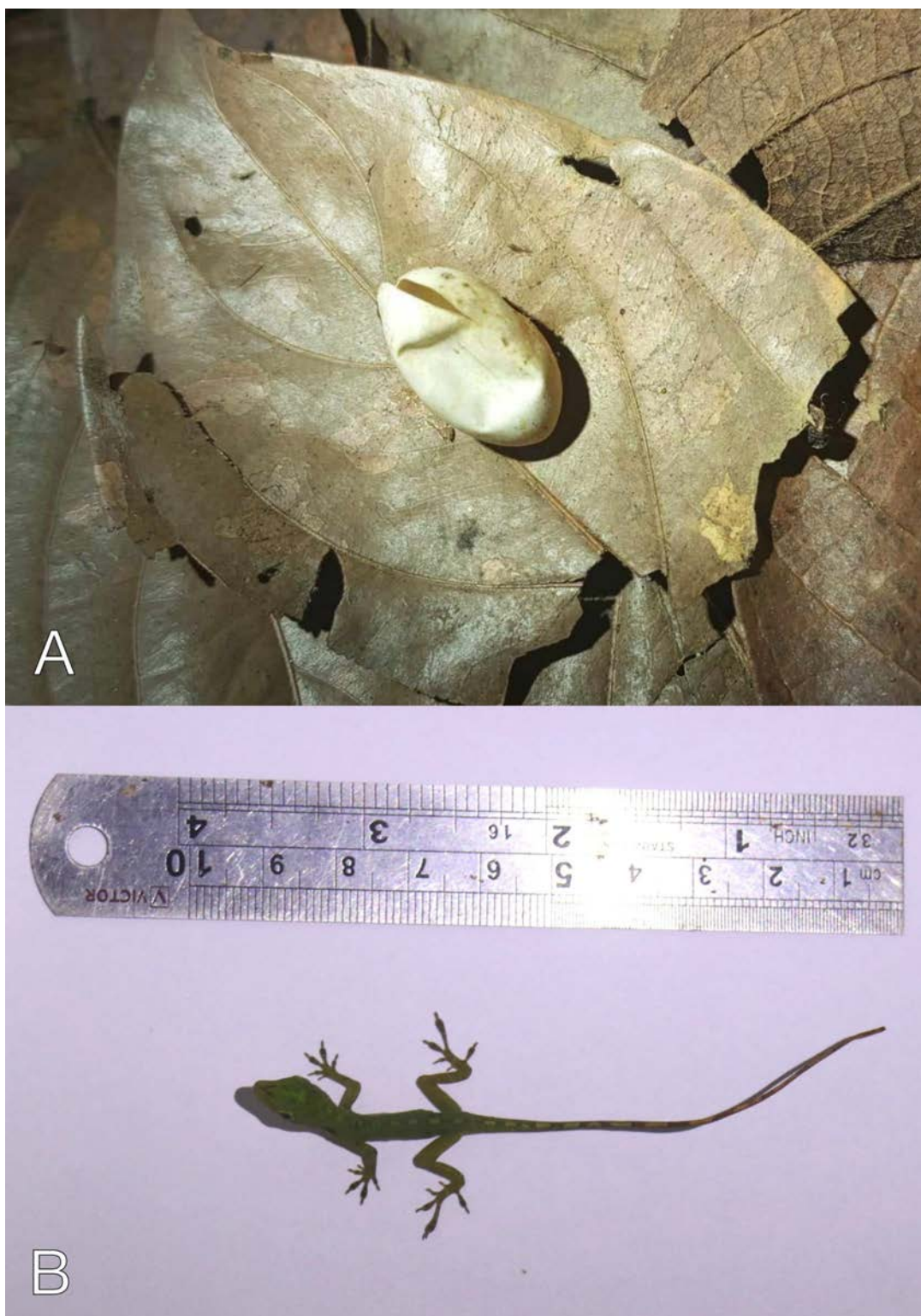


Figura 1. A) Cáscara vacía de huevo de *Anolis punctatus* que muestra el extremo distal como punto de salida del neonato. B) Macho neonato de *A. punctatus* al día siguiente de la eclosión. Fotos: A) Joseph L. Oakley y B) Daniel Ash.

Figure 1. A) Empty eggshell of *Anolis punctatus* showing the distal end as the exit point of the neonate. B) Male neonate of *A. punctatus*, taken one day after hatching. Photos: A) Joseph L. Oakley and B) Daniel Ash.

hatchling measured 30.9 mm snout-vent length, 62.2 mm tail length and weighed 0.6 g (Fig. 1b). Two days later, the hatchling was released on a leaf at the site where the gravid female was found.

On 17th April 2024 at 08:17 h, we observed an adult female *A. fuscoauratus* laying two eggs on the side of a small wooden bridge located at the Posada Amazonas Lodge (12.80251° S, 69.29964° W; WGS 84; 246 m a.s.l.), in Madre de Dios, Peru. One of the eggs was adhered between the rear left leg and tail of the female, while the other was enveloped in a membrane and situated beneath the cloaca (Fig. 2). Throughout the observation, we noted that the individual's reflexes remained seemingly normal, as it still moved in response to the proximity of people as expected, although the eggs stayed attached to its body. This event occurred on a bridge with regular human traffic, resulting in the lizard eventually leaving the location without depositing its eggs. Attempts to relocate the female *A. fuscoauratus* or its eggs were unsuccessful.

Little is known about nest sites used by *A. punctatus* and *A. fuscoauratus* since reproductive behaviour is rarely observed and eggs are presumably laid in inconspicuous microhabitats. Other species of *Anolis* are known to lay eggs in leaf litter, in crevices in rocks and trees, and buried in substrate (Avila-Pires, 1995; Pruett et al., 2022). As far as we are aware, there are no existing records of anoles transporting eggs after laying them. It is possible that the *A. fuscoauratus* from our observation was in the process of laying the eggs within a crevice in the bridge but was disturbed by human activity and consequently left with the eggs attached to search for an alternative nest site

Previous reports suggest that *A. fuscoauratus* produces two oviductal eggs but only lays a single egg at a time (Avila-Pires, 1995; Duellman, 2005). In our observation, one of the eggs appeared to be enveloped in a membrane, and we are uncertain whether it was a developed egg or an undeveloped egg that was prematurely laid.



Figura 2. Hembra adulta de *Anolis fuscoauratus* transportando dos huevos recién puestos. Foto: G. Milagros Reyes-Lizarraga.

Figure 2. Adult female *Anolis fuscoauratus* transporting two recently laid eggs. Photo: G. Milagros Reyes-Lizarraga.

Incubation period varies greatly within the genus *Anolis*, from less than two months in some species to more than five months in others (Duellman, 1978; Quirola et al., 2017). The species *A. aequatorialis* and *A. trachyderma* have been reported to have incubation periods of similar length to that in our observation. In captivity, an *A. aequatorialis* egg was reported to be fully developed after 83 days but subsequently failed to hatch (Ayala-Varela et al., 2022), while the incubation time for an *A. trachyderma* egg was 77 days (Duellman, 1978). To the best of our knowledge, ours is the first report of incubation period and hatchling size in *A. punctatus*, providing novel data on the reproductive biology of this species. Since we only provide data for a single observation, additional records would prove valuable to document the possible range of incubation period and hatchling size. Similarly, our observation of *A. fuscoauratus* provides novel data on the actual clutch size and egg-laying behaviour of this species.

Acknowledgments.— We are grateful to Quinn Meyer, owner and Juan Carlos Cárdenas, General Manager of Crees Manu, and their team for providing support in the biodiversity surveys at the Manu Learning Centre Biological Field Station. We also thank Daniel Ash for providing us with a photograph of one of the observations.

LITERATURE CITED

- Avila-Pires, T.C.S. 1995. Lizards of Brazilian Amazonia (Reptilia: Squamata). *Zoologische Verhandelingen* 299:1-706.
- Ayala-Varela, F., A. Carvajal-Campos & A. Rodríguez-Guerra. 2022. *Anolis aequatorialis*. In Torres-Carvajal, O., G. Pazmiño-Otamendi, F. Ayala-Varela, & D. Salazar-Valenzuela (Eds.). *Reptiles del Ecuador*. Version 2022.0. <https://bioweb.bio/faunaweb/reptiliaweb>. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Ecuador. [Accessed in January 2025].
- Dixon, J.R. & P. Soini. 1986. The reptiles of the upper Amazon Basin, Iquitos Region, Peru. Milwaukee Public Museum, Milwaukee, Wisconsin, USA.
- Duellman, W.E. 1978. The biology of an equatorial herpetofauna in Amazonian Ecuador. *Miscellaneous Publications of the University of Kansas* 65:1-352.
- Duellman, W.E. 2005. *Cusco Amazónico: the Lives of Amphibians and Reptiles in an Amazonian Rainforest*. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- Pruett, J.E., J.M. Hall, S. Tiatragul & D.A. Warner. 2022. Nesting in *Anolis* lizards: an understudied topic in a well-studied clade. *Frontiers in Ecology and Evolution* 10:821115.
- Quirola, D.R., A. Mármol, O. Torres-Carvajal, A.E. Narváez, F. Ayala-Varela & I.T. Moore. 2017. Use of a rostral appendage during social interactions in the Ecuadorian *Anolis proboscis*. *Journal of Natural History* 51:1625-1638.
- Vitt, L.J., T.C.S. Avila-Pires, M.C. Espósito, S.S. Sartorius & P.A. Zani. 2003a. Sharing Amazonian rain-forest trees: Ecology of *Anolis punctatus* and *Anolis transversalis* (Squamata: Polychrotidae). *Journal of Herpetology* 37:276-285.
- Vitt, L. J., T.C.S. Avila-Pires, P.A. Zani, S.S. Sartorius & M.C. Espósito. 2003b. Life above ground: ecology of *Anolis fuscoauratus* in the Amazon rain forest, and comparisons with its nearest relatives. *Canadian Journal of Zoology* 81:142-156.



A COMPREHENSIVE ANALYSIS OF REPTILE DIVERSITY IN MADIDI NATIONAL PARK AND NATURAL INTEGRATED MANAGEMENT AREA, ONE OF THE WORLD'S MOST BIOLOGICALLY DIVERSE PROTECTED AREAS

UN ANÁLISIS COMPLETO DE LA DIVERSIDAD DE REPTILES EN EL PARQUE NACIONAL Y ÁREA NATURAL DE MANEJO INTEGRADO MADIDI, UNA DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS CON MAYOR DIVERSIDAD BIOLÓGICA DEL MUNDO

James Aparicio^{††}, Mauricio Ocampo^{1,2,*}, Nuria Bernal-Hoverud^{3,4}, Enrique Domic³ & Robert B. Wallace³

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

²Unidad de Zoología - Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés, Casilla 10077 – Correo Central, La Paz, Bolivia.

³Wildlife Conservation Society, Edificio Torre Soleil, Calle Jaime Mendoza # 987, San Miguel, La Paz, Bolivia.

⁴Department of Biological Sciences, Texas Tech University, Lubbock, Texas 79409, USA.

† James Aparicio sadly passed away after this research was carried out.

* Corresponding author. E-mail: mauiocampo@gmail.com

Received: 2024-08-26. Accepted: 2025-02-01. Published: 2025-06-02.

Editor: Pier Cacciali, Paraguay.

Resumen.— La Amazonía es la selva tropical más grande del mundo, albergando una miríada de plantas, hongos y animales, y abarcando una gran diversidad de ecorregiones. Bolivia ha asignado el 17 % de su territorio a áreas protegidas nacionales, entre las cuales el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi cuenta con la mayor representación de ecorregiones en el país. Sin embargo, a pesar de su importancia, el conocimiento sobre la herpetofauna de Madidi sigue siendo limitado. Este estudio presenta el inventario más completo de la diversidad de reptiles dentro y alrededor de Madidi, combinando una extensa revisión de la literatura con tres años de trabajo de campo. Calculamos los índices de diversidad alfa, beta, gamma y oscura para comprender la composición de las especies de reptiles en las ecorregiones representadas dentro del área protegida. Registramos 110 especies de reptiles dentro del parque, siendo la ecorregión del Bosque Amazónico Subandino la que muestra mayor diversidad. Los índices de diversidad aplicados indican el potencial para descubrir nuevas especies en el área, y como se espera en una zona montañosa, hay un alto recambio de especies entre las ecorregiones, cada una de ellas exhibiendo una composición distintiva de especies. Recomendamos un monitoreo continuo en un área con tan alta diversidad de reptiles, especialmente considerando los impactos que el cambio climático tendrá en las comunidades de estas especies a lo largo del tiempo.

Palabras clave.— Diversidad obscura, ecorregiones, herpetofauna, reptiles amazónicos, recambio de especies.

Abstract.— The Amazon is the world's largest tropical rainforest, hosting a myriad of plants, fungi and animals, and encompassing a wide diversity of ecoregions. Bolivia has allocated 17 % of its territory to national protected areas, among which Madidi National Park and Natural Integrated Management Area boasts the largest representation of ecoregions in the country. However, despite its significance, knowledge of Madidi's herpetofauna remains limited. This study presents the most comprehensive survey of reptile diversity in and around Madidi, combining an extensive literature review with three years of fieldwork. We computed alpha, beta, gamma, and dark diversity indices to comprehend the composition of reptile species across the ecoregions represented within the protected area. We registered 110 reptile species within the park, with the Sub-Andean Amazon Forest ecoregion displaying the highest diversity. The diversity indices applied indicate the potential for discovering additional species in the area, and as expected for a mountainous area, there is a high turnover of species between ecoregions, each of them exhibiting a distinctive species composition. We recommend continuous monitoring in an area with such high reptile diversity, particularly considering the impacts that climate change will have on these species' assemblages over time.

Keywords.— Amazonian reptiles, dark diversity, ecoregions, herpetofauna, species turnover.

INTRODUCTION

The Amazon is the most biodiverse region on the planet (Antonelli et al., 2018) due to various factors. One of them has been the rapid rise of the Andes, facilitating the formation of diverse and dynamic ecosystems and acting as species pump (Hoorn et al., 2010, 2013). Through geological movements, population separations and isolations occur, driving vicariant speciation in many species (Umbrello et al., 2024). This process is orchestrated by climatic and topographic shifts, which lead to the establishment of new resources, predators, and pathogens that shape community structures throughout the Andes (Chazot et al., 2018). Other crucial factors include the origins of plants and animals during the Late Cretaceous and early Paleogene, and the global cooling of the Eocene-Oligocene and Pleistocene, which led to the contraction of tropical forests. During these glacial periods, the Amazon served as a refuge, harboring species and providing sufficient time for adaptive evolution (Haffer 1969; Garzón-Orduña et al., 2015; Rocha & Kaefer, 2019; Escobar et al., 2021). Specifically, the areas of highest species diversity in the Amazon are concentrated in the mountainous regions of the basin, where there is greater richness, as well as higher turnover of species in a smaller area (Sonne & Rahbek, 2024).

Throughout their evolutionary history, reptiles capitalized on the geological history of the Andes, undergoing a significant adaptive radiation by exploiting new ecological opportunities that became available (Gomes et al., 2013; Prates et al., 2015; Esquerré et al., 2019; Ocampo et al., 2022). Additionally, reptiles play a crucial role in the trophic chain in ecosystems due to their high ecological diversity, especially across the altitudinal gradient of the Andes, from primary consumers such as turtles to top predators such as caiman and snakes.

The Madidi National Park and Natural Integrated Management Area (hereafter Madidi National Park) in the Plurinational State of Bolivia spans one of the most diverse and extensive altitudinal gradients in the upper Amazon, safeguarding a wide diversity of ecoregions, and considered as one of the most diverse parks in the world (Salinas & Wallace, 2012; Wallace et al., 2017; Ocampo et al., 2024). Knowledge of its herpetofauna was limited and scattered across a few publications, technical reports, and incidental records (Emmons, 1991; Pérez-Bejar, 1997; MacQuarrie et al., 2001; Montambault, 2002). These sources covered only a handful of easily accessible localities, providing an incomplete understanding of the true diversity harbored within this park. Here, we report the results of a comprehensive survey of reptile diversity for Madidi National Park as part of the Identidad Madidi project (<https://madidiid.org/en/>) led by the Wildlife Conservation Society (WCS) during three consecutive years (2015

to 2017) of fieldwork across an altitudinal gradient that covered a range of 4,616 m a.s.l. (Identidad Madidi & SERNAP, 2017, 2019; Identidad Madidi, 2020), complemented with a thorough search of available published information on reptiles in the area and surroundings.

METHODS

Study area

Madidi National Park, spanning 18,957.4 km², is Bolivia's third largest protected area, encompassing five municipalities (San Buenaventura, Ixiamas, Guanay, Pelechuco, Apolo) and three indigenous territories (Uchupiamonas, Tacana and Lecos). The altitudinal range spans from 6,044 m a.s.l. at the peak of the Chaupi Orco mountain, to 180 m a.s.l. at its lowest point (Salinas & Wallace, 2012). Situated within the Amazon basin, Madidi includes six distinct ecoregions: Sub-Andean Amazon Forests, Pre-Andean Amazon Forests, Cerrado Paceño, Yungas, Inter-Andean Dry Forests, and High Andean Vegetation (Fig. 1) (Ibisch et al., 2003). Its strategic location and vast expanse render it as the protected area with the best representation of ecosystems and with the highest species richness in Bolivia, positioning it as one of the most significant conservation areas continentally and globally (Salinas & Wallace, 2012).

The study area was delineated using two buffers. The first buffer, set at 1 km, accounted for records located near the park boundaries and potential georeferencing inaccuracies in historical data, as well as the natural dynamics of river meanders (Seminara, 2006), which alter river courses and subsequently modify the park's boundaries. Consequently, species recorded within this 1-km buffer zone were considered as present within the park.

The second buffer extended 50 km beyond the park's boundaries and was used to assemble species communities that facilitated the calculation of dark diversity across ecoregions. Dark diversity is estimated based on the co-occurrence frequency of species within communities, providing a complementary list of species potentially present in ecoregions where they were not recorded. By analyzing co-occurrence patterns with other species, this method predicts species presence with a reasonable degree of accuracy (Lewis et al., 2017). The list estimated through the dark diversity analysis, is presented as complementary information in the results. However, it is not included in the calculations of alpha or beta diversity. Expanding the study area by 50-km beyond the strict limits of the park introduced three

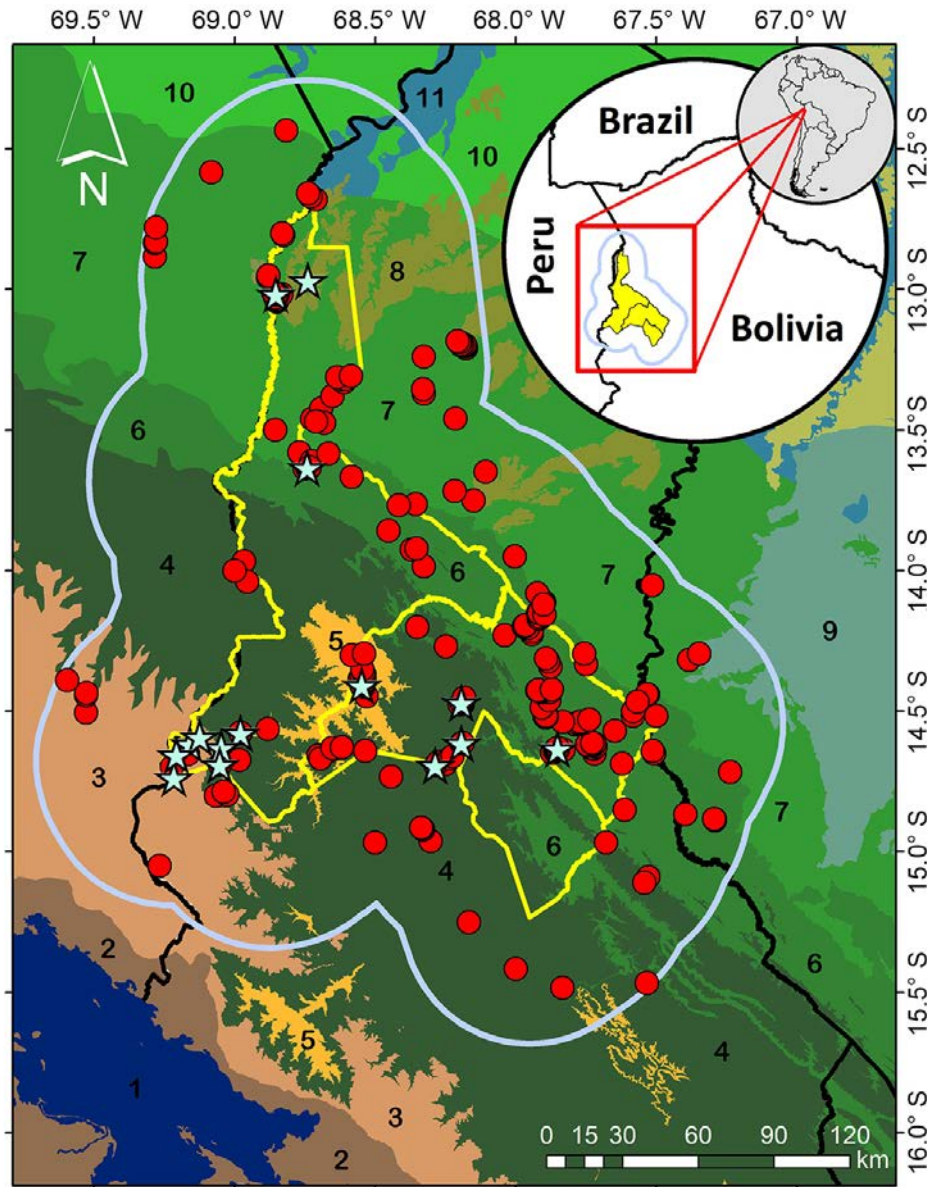


Figura 1. Mapa del área de estudio, con el Parque Nacional y el Área Natural de Manejo Integrado Madidi delineados en amarillo, una línea azul claro que representa la zona de amortiguamiento de 50 km, estrellas azules claras que indican los campamentos de trabajo de campo, y puntos rojos que denotan los registros de reptiles tanto de la base de datos como del trabajo de campo. Los números en negro corresponden a las ecorregiones, donde 1 es el Lago Titicaca, 2 Puna Húmeda, 3 Vegetación Altoandina, 4 Yungas, 5 Bosques Secos Interandinos, 6 Bosques Amazónicos Subandinos, 7 Bosques Amazónicos Preandinos, 8 Cerrado Paceño, 9 Sabana Inundable de los Llanos de Moxos, 10 Bosque Amazónico de Pando, 11 Bosque Inundable Amazónico.

Figure 1. Map of the study area, with the Madidi National Park and Natural Integrated Management Area outlined in yellow, a light blue line representing the 50-km buffer area, light blue stars indicating fieldwork camps, and red dots denoting reptilian records from both the database and fieldwork. Black numbers correspond to ecoregions, where 1 is Titicaca Lake, 2 Wet Puna, 3 High Andean Vegetation, 4 Yungas, 5 Inter-Andean Dry Forests, 6 Sub-Andean Amazon Forests, 7 Pre-Andean Amazon Forests, 8 Cerrado Paceño, 9 Llanos de Moxos Flooded Savannas, 10 Pando Amazon Forest, 11 Amazonian Floodplain Forest.

additional ecoregions to the study: Amazonian Flood Forest, Pando Amazon Forest, and Llanos de Moxos Flooded Savannas.

Baseline

A herpetological database was organized, compiling the largest possible number of records. Unfortunately, scientific publications available online are limited, with the majority of documented records within the park derived from local technical reports (Cortez & Tejada, 2002; Domic et al., 2012), official catalogs from the Colección Boliviana de Fauna (CBF), and photographic records from the WCS database. This information was further supplemented with data published in online databases, such as GBIF.org (GBIF 2014), Geo-Vertebrados

from the Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado, and the identification and verification of photographs from the iNaturalist.net platform. The study boundaries were delimited by the 50-km buffer zones mentioned above.

Field work

With the objective of increasing the number of reported species within Madidi, fifteen distinct sites were surveyed, spanning the full altitudinal gradient of the park, as well as all ecoregions present within the park (Fig. 1, Appendix S1). We applied the visual and auditory encounter survey technique through exhaustive searches across all sites to document the maximum

reptilian diversity during our surveys (Dodd, 2016). This involved meticulous diurnal and nocturnal searches around potential shelters such as under rocks, logs, and leaf litter, as well as in streams and swamps (Simmons, 2002), with the objective of completing 36 man-hours per day. Straight-line drift fences with pitfall traps were deployed at seven of the fifteen sites (Dodd, 2016), but not in the higher elevation sites where this technique was impractical due to the predominantly rocky substrate (Appendix S1).

We conducted scientific collections of some species whose identification was considered uncertain. Euthanasia was performed using an overdose of sodium thiopental anaesthetic, followed by fixation in formalin and preservation in 70 % ethanol (Dodd, 2016; Leary et al., 2020). Subsequently, specimens were deposited at the Colección Boliviana de Fauna (CBF) in La Paz, Bolivia (Appendix S2). Taxonomic identification was conducted in the laboratory, involving comparisons with reference collections for validation, as well as the necessary taxonomic keys for the different taxonomic groups (Avila-Pires, 1995; Harvey et al., 2003; Doan & Castoe, 2005; Harvey et al., 2005; Rueda-Almonacid et al., 2007; Torres-Carvajal, 2007; Kok, 2010; Ascenso et al., 2019). These voucher specimens represent a crucial resource for prospective taxonomic revisions in the future.

Data Analyses

Alpha diversity was computed based on field-sampled data. Rarefaction curves for both samples and individuals were generated, and nonparametric species richness estimators (i.e., Chao, ACE, Jackknife) were calculated and compared with the overall species richness. R Studio software, along with the vegan package and functions such as rarefy were employed to calculate individual-based rarefaction curves, specaccum for sample-based rarefaction curves, estimateR to compute ACE values, and specpool to estimate species richness using Chao 2 and Jackknife 2 indices were employed for analysis (R Core Team, 2022).

For beta diversity analysis, we quantified dissimilarity between ecoregions using the Whittaker index, utilizing fieldwork data and the betadiver function from the BiodiversityR package in R Studio software. A dendrogram and a ternary diagram were built to visualize dissimilarities among the different ecoregions represented in the park. Gamma diversity encompassed all recorded species in the study, both inside and outside the park limits (records within a 1-km and 50-km buffers) representing the regional species pool.

We assessed dark diversity using the Beals index on species co-occurrence likelihood with 95 % confidence (Lewis et al.,

2016). This method estimates dark diversity by calculating the probability that a species occurs in a plot based on its co-occurrence with the observed species in the rest of the dataset. A species is thus considered to be part of the dark diversity of a plot if it is absent in the plot, but regularly co-occurs with species that are present in the plot. This index provides complementary information about the species expected in an ecoregion but, for some reason was not recorded. The analysis was conducted using the beals function in the vegan package in R (R Core Team, 2022). Lists of species were compiled for each ecoregion inside and outside the protected area, resulting in 13 ecoregions for comparison (6 inside and 7 outside), and the probability of species co-occurrence was estimated.

RESULTS

Baseline

From a total of 655 individual records (270 individuals inside Madidi, and 385 individuals outside Madidi), the total number species recorded was 116, 85 species confirmed inside Madidi, 99 species outside Madidi, with 68 species shared between both areas (Table 1).

Field work

In the 15 sites surveyed we captured 147 individuals, corresponding to 69 species (Table 1), 25 of which represent new records for the park, of which one of them is a new record for Bolivia, and six of them are potential candidate species new to science (Table 2).

Alpha diversity

Over 209 days of effective sampling, and previous extensive literature review, we documented a total of 110 species confirmed inside the park (Table 1). The Sub-Andean Amazon Forest, Pre-Andean Amazon Forest, and the Yungas emerged as the three ecoregions with the highest diversity, with 71, 55 and 40 species, respectively. Notably, no reptile species had previously been documented in Cerrado Paceño and High Andean Vegetation in Madidi, and now we report three species for Cerrado Paceño and four species for High Andean Vegetation. Fieldwork efforts documented 61 % of the species diversity present in the park. Accumulation and rarefaction curves indicate that an asymptote has not yet been reached, suggesting the likelihood of recording additional species in the future (Fig. 2). Of the 110 species now known for Madidi National Park, the Chao 2 and Jackknife 2 species richness estimators overestimated their predictions (116 and 125, respectively); however, Chao 2 was the closest to this value.

Tabla 1. Número total de especies encontradas en cada una de las ecorregiones en este estudio y esfuerzo de muestreo; "Days" se refiere al número de días efectivos de muestreo en cada ecorregión. Número de especies registradas de: FW Trabajo de campo, BLI Línea base dentro de Madidi, BLO Línea base fuera de Madidi. Los guiones indican que la ecorregión no está representada en la columna respectiva.

Table 1. Total number of species found in each of the ecoregions in this study and sampling effort; "Days" refers to the number of effective days surveyed in each ecoregion. Number of species recorded from: FW Field work, BLI Baseline inside Madidi, BLO Baseline outside Madidi. Dashes indicate that the ecoregion is not represented in the respective column.

Ecoregions	Days	FW	BLI	BLO	Total Madidi	Total Gamma
Sub-Andean Amazon Forests	44	18	65	39	71	80
Pre-Andean Amazon Forests	44	37	35	73	55	87
Pando Amazon Forests	-	-	-	1	-	1
Cerrado Paceño	22	3	0	11	3	13
Llanos de Moxos Flooded Savannas	-	-	-	7	-	7
Yungas	72	23	21	20	40	53
Inter-Andean Dry Forests	15	14	9	-	20	20
High Andean Vegetation	12	4	0	2	4	5
Total	209	69	85	99	110	133

Tabla 2. Lista de verificación de especies de reptiles registradas en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi para este estudio. Las especies que son potencialmente nuevas para la ciencia pero que aún no han sido formalmente descritas se listan como "sp.". Rec = Tipo de registro, que puede ser fw = del trabajo de campo, bl = de la base de datos de línea base, o bo = ambos; CS = Estado de Conservación, categorías según la UICN; Ecorregiones que pueden estar in = dentro del parque, ou = fuera del parque, o bo = ambos: AFF = Bosque Inundable Amazónico, SAF = Bosques Amazónicos Subandinos, PAF = Bosques Amazónicos Preandinos, PNF = Bosques Amazónicos de Pando, CP = Cerrado Paceño, FSM = Sabana Inundable de los Llanos de Moxos, YU = Yungas, IDF = Bosques Secos Interandinos, HAV = Vegetación Altoandina; los valores en negritas representan la presencia estimada basada en la probabilidad del índice de Beals en el análisis de diversidad oscura.; * = nuevo registro para el parque, ** = nuevo registro para Bolivia.

Table 2. Checklist of reptilian species registered in Madidi National Park and Natural Integrated Management Area for this study. Species that are potentially new to science but have not yet been formally described are listed as "sp.". Rec = Type of record, which can be fw = from field work, bl = from baseline database, or bo = both; CS = Conservation Status, categories according to the IUCN; Ecoregions which can be in = inside the park, ou = outside the park, or bo = both: AFF = Amazonian Floodplain Forest, SAF = Sub-Andean Amazon Forests, PAF = Pre-Andean Amazon Forests, PNF = Pando Amazon Forests, CP = Cerrado Paceño, FSM = Llanos de Moxos Flooded Savannah, YU = Yungas, IDF = Inter-Andean Dry Forests, HAV = High Andean Vegetation; values in bold represent the estimated presence based on the probability from Beals' index in the dark diversity analysis.; * = new record for the park, ** = new record for Bolivia.

Fam	Species	Rec	CS	AFF	SAF	PAF	PNF	CP	FSM	YU	IDF	HAV	Min	Max
Testudines														
Chelidae	<i>Mesoclemmys gibba</i>	bl				ou							178	205
	<i>Mesoclemmys nasuta</i>	bl			ou								454	454
	<i>Phrynops geoffroanus</i>	bo			in	bo							214	314
	<i>Platemys platycephala</i>	bl			ou	ou				in			205	1086
Kinosternidae	<i>Kinosternon scorpioides</i>	bl			in								1064	1064
Podocnemididae	<i>Podocnemis unifilis</i>	bo	VU		in	bo							185	386
Testudinidae	<i>Chelonoidis carbonarius</i>	bl			in								282	282
	<i>Chelonoidis denticulatus</i>	bo			bo	bo	ou	bo	ou	bo	in		174	454

Tabla 2 (cont.). Lista de verificación de especies de reptiles registradas en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi para este estudio. Las especies que son potencialmente nuevas para la ciencia pero que aún no han sido formalmente descritas se listan como "sp.". Rec = Tipo de registro, que puede ser fw = del trabajo de campo, bl = de la base de datos de línea base, o bo = ambos; CS = Estado de Conservación, categorías según la UICN; Ecoregiones que pueden estar in = dentro del parque, ou = fuera del parque, o bo = ambos: AFF = Bosque Inundable Amazónico, SAF = Bosques Amazónicos Subandinos, PAF = Bosques Amazónicos Preandinos, PNF = Bosques Amazónicos de Pando, CP = Cerrado Paceño, FSM = Sabana Inundable de los Llanos de Moxos, YU = Yungas, IDF = Bosques Secos Interandinos, HAV = Vegetación Altoandina; los valores en negritas representan la presencia estimada basada en la probabilidad del índice de Beals en el análisis de diversidad oscura.; * = nuevo registro para el parque, ** = nuevo registro para Bolivia.

Table 2 (cont.). Checklist of reptilian species registered in Madidi National Park and Natural Integrated Management Area for this study. Species that are potentially new to science but have not yet been formally described are listed as "sp.". Rec = Type of record, which can be fw = from field work, bl = from baseline database, or bo = both; CS = Conservation Status, categories according to the IUCN; Ecoregions which can be in = inside the park, ou = outside the park, or bo = both: AFF = Amazonian Floodplain Forest, SAF = Sub-Andean Amazon Forests, PAF = Pre-Andean Amazon Forests, PNF = Pando Amazon Forests, CP = Cerrado Paceño, FSM = Llanos de Moxos Flooded Savannah, YU = Yungas, IDF = Inter-Andean Dry Forests, HAV = High Andean Vegetation; values in bold represent the estimated presence based on the probability from Beals' index in the dark diversity analysis.; * = new record for the park, ** = new record for Bolivia.

Fam	Species	Rec	CS	AFF	SAF	PAF	PNF	CP	FSM	YU	IDF	HAV	Min	Max
Crocodylia														
Alligatoridae	<i>Caiman crocodilus</i> *	fw	LC			in							214	214
	<i>Caiman yacare</i>	bo	LC		bo	bo	ou						161	454
	<i>Melanosuchus niger</i>	bo			in	bo							190	305
	<i>Paleosuchus palpebrosus</i>	bl	LC		bo	bo	ou						205	454
	<i>Paleosuchus trigonatus</i>	bo	LC		in	in							264	340
Squamata (Sauria)														
Alopoglossidae	<i>Alopoglossus andeanus</i>	bl	LC		ou	bo	ou						256	269
	<i>Alopoglossus brevifrontalis</i> *	bo				bo							205	214
Amphisbaenidae	<i>Amphisbaena alba</i>	bl	LC		in	ou				ou			205	1533
	<i>Amphisbaena fuliginosa</i> *	fw	LC		in								292	292
Anolidae	<i>Anolis fuscoauratus</i>	bo	LC		bo	bo				ou			190	1326
	<i>Anolis artonii</i>	bl	LC		in	ou				in			205	929
	<i>Anolis punctatus</i>	bo	LC		bo	bo		ou		bo			187	1602
Diploglossidae	<i>Diploglossus fasciatus</i>	bl	LC		bo					ou			232	574
Gymnophthalmidae	<i>Bachia dorbignyi</i>	bo	LC		bo	bo			ou		in		182	1068
	<i>Bachia trisanale</i>	bl	LC			ou							205	205
	<i>Cercosaura argulus</i>	bo	LC			bo				in			205	1124
	<i>Cercosaura bassleri</i>	bo	LC		bo	ou		in					198	1068
	<i>Cercosaura eigenmanni</i> *	bo	LC			ou		ou		bo			199	2210
	<i>Cercosaura manicata boliviana</i>	bl	LC		in								540	540
	<i>Cercosaura schreibersii</i>	bo	LC		in	bo				in	in		212	1919
	<i>Euspondylus</i> sp.*/**	fw								in			1783	1783
	<i>Potamites ecpleopus</i>	bl	LC		bo					in			272	929
	<i>Potamites ocellatus</i>	bo	VU		bo	ou		in					540	1326
	<i>Proctoporus bolivianus</i> *	bo	LC							bo		bo	1148	4510
	<i>Proctoporus guentheri</i>	bl	LC							ou			1494	1513
Hoplocercidae	<i>Enyalioides palpebralis</i>	bl	LC		in	ou				in			269	929

Tabla 2 (cont.). Lista de verificación de especies de reptiles registradas en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi para este estudio. Las especies que son potencialmente nuevas para la ciencia pero que aún no han sido formalmente descritas se listan como "sp.". Rec = Tipo de registro, que puede ser fw = del trabajo de campo, bl = de la base de datos de línea base, o bo = ambos; CS = Estado de Conservación, categorías según la UICN; Ecorregiones que pueden estar in = dentro del parque, ou = fuera del parque, o bo = ambos: AFF = Bosque Inundable Amazónico, SAF = Bosques Amazónicos Subandinos, PAF = Bosques Amazónicos Preandinos, PNF = Bosques Amazónicos de Pando, CP = Cerrado Paceño, FSM = Sabana Inundable de los Llanos de Moxos, YU = Yungas, IDF = Bosques Secos Interandinos, HAV = Vegetación Altoandina; los valores en negritas representan la presencia estimada basada en la probabilidad del índice de Beals en el análisis de diversidad oscura.; * = nuevo registro para el parque, ** = nuevo registro para Bolivia.

Table 2 (cont.). Checklist of reptilian species registered in Madidi National Park and Natural Integrated Management Area for this study. Species that are potentially new to science but have not yet been formally described are listed as "sp.". Rec = Type of record, which can be fw = from field work, bl = from baseline database, or bo = both; CS = Conservation Status, categories according to the IUCN; Ecoregions which can be in = inside the park, ou = outside the park, or bo = both: AFF = Amazonian Floodplain Forest, SAF = Sub-Andean Amazon Forests, PAF = Pre-Andean Amazon Forests, PNF = Pando Amazon Forests, CP = Cerrado Paceño, FSM = Llanos de Moxos Flooded Savannah, YU = Yungas, IDF = Inter-Andean Dry Forests, HAV = High Andean Vegetation; values in bold represent the estimated presence based on the probability from Beals' index in the dark diversity analysis.; * = new record for the park, ** = new record for Bolivia.

Fam	Species	Rec	CS	AFF	SAF	PAF	PNF	CP	FSM	YU	IDF	HAV	Min	Max
Liolaemidae	<i>Liolaemus multiformis</i>	bl										ou	4340	4340
	<i>Liolaemus</i> sp. 1*	fw										in	4181	4181
	<i>Liolaemus</i> sp. 2*	fw										in	5059	5059
Phyllodactylidae	<i>Thecadactylus solimoensis</i>	bo	LC		bo	bo				in	in		197	1068
Polychrotidae	<i>Polychrus liogaster</i>	bl	LC		bo	bo	ou						205	540
Scincidae	<i>Copeoglossum nigropunctatum</i>	bo	LC		bo	bo		ou			in		200	785
	<i>Exila nigropalmata</i>	bl	LC							ou			1148	1148
	<i>Varzea altamazonica</i>	bl	LC			bo							205	218
Teiidae	<i>Ameiva ameiva</i>	bo	LC		bo	bo		bo	ou	bo	in		182	1510
	<i>Kentropyx altamazonica</i>	bl	LC		ou	ou				in			269	1124
	<i>Kentropyx pelviceps</i>	bo	LC		bo	bo		ou		in			199	1170
	<i>Kentropyx</i> sp.*	fw						in					198	198
	<i>Tupinambis teguixin</i>	bl	LC			bo		ou					183	540
Tropiduridae	<i>Plica plica</i>	bl				ou							205	205
	<i>Plica umbra</i>	bo	LC		bo	bo				in			205	1124
	<i>Stenocercus caducus</i>	bo	LC		bo	in		ou	ou		in		182	1068
	<i>Stenocercus roseiventris</i>	bo	LC		bo	ou				in	in		205	1919
	<i>Stenocercus</i> sp.*	fw								in			1170	1170
	<i>Tropidurus etheridgei</i>	bl	LC		ou								340	340
	<i>Tropidurus melanopleurus</i>	bo	LC		bo								225	686
	<i>Tropidurus</i> sp.*	fw								in			1783	1783
Sphaerodactylidae	<i>Gonatodes hasemani</i>	bl	LC			ou							205	205
	<i>Gonatodes humeralis</i>	bo	LC		bo	bo	ou						175	454
Squamata (Serpentes)														
Boidae	<i>Boa constrictor</i> *	bo	LC			ou					in		205	715
	<i>Corallus batesii</i>	bl	LC							in	in		830	1616
	<i>Corallus hortulana</i>				in	bo				bo	in		190	819
	<i>Epicrates cenchria</i>	bo	LC		in	bo							264	351

Tabla 2 (cont.). Lista de verificación de especies de reptiles registradas en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi para este estudio. Las especies que son potencialmente nuevas para la ciencia pero que aún no han sido formalmente descritas se listan como "sp.". Rec = Tipo de registro, que puede ser fw = del trabajo de campo, bl = de la base de datos de línea base, o bo = ambos; CS = Estado de Conservación, categorías según la UICN; Ecoregiones que pueden estar in = dentro del parque, ou = fuera del parque, o bo = ambos: AFF = Bosque Inundable Amazónico, SAF = Bosques Amazónicos Subandinos, PAF = Bosques Amazónicos Preandinos, PNF = Bosques Amazónicos de Pando, CP = Cerrado Paceño, FSM = Sabana Inundable de los Llanos de Moxos, YU = Yungas, IDF = Bosques Secos Interandinos, HAV = Vegetación Altoandina; los valores en negritas representan la presencia estimada basada en la probabilidad del índice de Beals en el análisis de diversidad oscura.; * = nuevo registro para el parque, ** = nuevo registro para Bolivia.

Table 2 (cont.). Checklist of reptilian species registered in Madidi National Park and Natural Integrated Management Area for this study. Species that are potentially new to science but have not yet been formally described are listed as "sp.". Rec = Type of record, which can be fw = from field work, bl = from baseline database, or bo = both; CS = Conservation Status, categories according to the IUCN; Ecoregions which can be in = inside the park, ou = outside the park, or bo = both: AFF = Amazonian Floodplain Forest, SAF = Sub-Andean Amazon Forests, PAF = Pre-Andean Amazon Forests, PNF = Pando Amazon Forests, CP = Cerrado Paceño, FSM = Llanos de Moxos Flooded Savannah, YU = Yungas, IDF = Inter-Andean Dry Forests, HAV = High Andean Vegetation; values in bold represent the estimated presence based on the probability from Beals' index in the dark diversity analysis.; * = new record for the park, ** = new record for Bolivia.

Fam	Species	Rec	CS	AFF	SAF	PAF	PNF	CP	FSM	YU	IDF	HAV	Min	Max
Boidae (Cont.)	<i>Eunectes beniensis</i>	bl	LC			in		ou					203	232
	<i>Eunectes murinus</i>	bl	LC		in	bo							190	270
Colubridae	<i>Atractus elaps</i>	bl	LC			ou							178	178
	<i>Atractus emmeli</i>	bl	LC							ou			809	809
	<i>Atractus major</i>	bl	LC			ou							205	210
	<i>Chironius exoletus</i>	bl	LC		bo	ou							203	540
	<i>Chironius fuscus</i>	bo	LC		bo	bo				bo			205	1644
	<i>Chironius multiventris</i>	bl	LC		in	bo							205	318
	<i>Chironius scurrulus</i>	bl	LC		in								270	270
	<i>Chironius whipala</i> *	fw								in			1635	1635
	<i>Chlorosoma viridissimum</i>	bl	LC			ou							205	205
	<i>Clelia clelia</i>	bo	LC		ou	in			ou	in	in		182	1602
	<i>Dendrophidion dendrophis</i>	bl	LC			ou							269	269
	<i>Dipsas bucephala</i> *	fw	LC							in			2337	2337
	<i>Dipsas catesbyi</i>	bo	LC		in	bo					in		205	1068
	<i>Dipsas pavonina</i>	bl	LC		in								552	552
	<i>Dipsas sp.</i> *	fw								in			1170	1170
	<i>Dipsas variegata</i>	bl	LC		in					ou			322	537
	<i>Drepanoides anomalus</i>	bo	LC		in	bo							218	322
	<i>Drymarchon corais</i> *	bo	LC			bo		ou			in		183	737
	<i>Drymobius rhombifer</i>	bo	LC		ou	ou							205	382
	<i>Drymoluber dichrous</i>	bo	LC		in	bo				in			205	1590
	<i>Erythrolamprus aesculapii</i>	bo	LC		in	ou				in			262	1471
	<i>Erythrolamprus millaris</i>	bo	LC			in				in			205	1535
	<i>Erythrolamprus poecilogyrus</i>	bl	LC		in	ou			ou				182	270
	<i>Erythrolamprus reginae</i>	bl	LC		bo	in							205	546
	<i>Erythrolamprus taeniogaster</i>	bl	LC		in								286	286
	<i>Erythrolamprus typhlus</i> *	bo	LC			bo							262	269

Tabla 2 (cont.). Lista de verificación de especies de reptiles registradas en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi para este estudio. Las especies que son potencialmente nuevas para la ciencia pero que aún no han sido formalmente descritas se listan como "sp.". Rec = Tipo de registro, que puede ser fw = del trabajo de campo, bl = de la base de datos de línea base, o bo = ambos; CS = Estado de Conservación, categorías según la UICN; Ecoregiones que pueden estar in = dentro del parque, ou = fuera del parque, o bo = ambos: AFF = Bosque Inundable Amazónico, SAF = Bosques Amazónicos Subandinos, PAF = Bosques Amazónicos Preandinos, PNF = Bosques Amazónicos de Pando, CP = Cerrado Paceño, FSM = Sabana Inundable de los Llanos de Moxos, YU = Yungas, IDF = Bosques Secos Interandinos, HAV = Vegetación Altoandina; los valores en negritas representan la presencia estimada basada en la probabilidad del índice de Beals en el análisis de diversidad oscura.; * = nuevo registro para el parque, ** = nuevo registro para Bolivia.

Table 2 (cont.). Checklist of reptilian species registered in Madidi National Park and Natural Integrated Management Area for this study. Species that are potentially new to science but have not yet been formally described are listed as "sp.". Rec = Type of record, which can be fw = from field work, bl = from baseline database, or bo = both; CS = Conservation Status, categories according to the IUCN; Ecoregions which can be in = inside the park, ou = outside the park, or bo = both: AFF = Amazonian Floodplain Forest, SAF = Sub-Andean Amazon Forests, PAF = Pre-Andean Amazon Forests, PNF = Pando Amazon Forests, CP = Cerrado Paceño, FSM = Llanos de Moxos Flooded Savannah, YU = Yungas, IDF = Inter-Andean Dry Forests, HAV = High Andean Vegetation; values in bold represent the estimated presence based on the probability from Beals' index in the dark diversity analysis.; * = new record for the park, ** = new record for Bolivia.

Fam	Species	Rec	CS	AFF	SAF	PAF	PNF	CP	FSM	YU	IDF	HAV	Min	Max
Colubridae (Cont.)	<i>Helicops angulatus</i>	bl	LC					ou					194	194
	<i>Helicops leopardinus</i>	bl	LC			ou							205	205
	<i>Helicops polylepis</i>	bo	LC		bo	bo	ou						206	293
	<i>Imantodes cenchoa</i>	bo	LC		in	bo		ou		in			190	929
	<i>Imantodes lentiferus</i>	bo	LC		in	bo							205	373
	<i>Leptodeira annulata</i>	bo	LC		bo	bo	ou						205	499
	<i>Leptophis bolivianus</i>	bl			in	in							230	283
	<i>Mastigodryas boddaerti*</i>	fw	LC								in		823	823
	<i>Oxybelis fulgidus</i>	bl	LC		in								322	520
	<i>Oxybelis inkaterri*</i>	fw	LC								in		882	882
	<i>Oxyrhopus formosus</i>	bl	LC			ou							205	205
	<i>Oxyrhopus melanogenys</i>	bo	LC		in	bo				in			205	1569
	<i>Oxyrhopus petolarius</i>	bo	LC		in	ou				in			205	1619
	<i>Philodryas olfersii</i>	bl	LC		bo								270	454
	<i>Phrynonax sexcarinatus</i>	bl	LC							in			1569	1569
	<i>Pseudablabes patagoniensis*</i>	fw	LC							in			2132	2335
	<i>Pseudoboa coronata</i>	bo	LC		in	bo							262	314
	<i>Pseudoeryx plicatilis</i>	bl	LC						ou				175	175
	<i>Rhinobothryum lentiginosum</i>	bl	LC			in							212	212
	<i>Siphlophis cervinus</i>	bl	LC			ou							205	205
	<i>Siphlophis compressus</i>	bo	LC		bo	in				in			270	995
	<i>Spilotes sulphureus</i>	bo	LC		ou	in				in			269	1638
	<i>Tachymenis peruviana</i>	bo	LC							bo		in	2860	4181
	<i>Tantilla melanocephala</i>	bl	LC		bo				ou				182	1068
	<i>Xenodon merremi</i>	bl	LC		in	ou							267	302
	<i>Xenodon severus</i>	bl	LC		ou	in							205	454
	<i>Xenopholis scalaris</i>	bl	LC		in	ou				ou			205	1326

Tabla 2 (cont.). Lista de verificación de especies de reptiles registradas en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi para este estudio. Las especies que son potencialmente nuevas para la ciencia pero que aún no han sido formalmente descritas se listan como "sp.". Rec = Tipo de registro, que puede ser fw = del trabajo de campo, bl = de la base de datos de línea base, o bo = ambos; CS = Estado de Conservación, categorías según la IUCN; Ecoregiones que pueden estar in = dentro del parque, ou = fuera del parque, o bo = ambos: AFF = Bosque Inundable Amazónico, SAF = Bosques Amazónicos Subandinos, PAF = Bosques Amazónicos Preandinos, PNF = Bosques Amazónicos de Pando, CP = Cerrado Paceño, FSM = Sabana Inundable de los Llanos de Moxos, YU = Yungas, IDF = Bosques Secos Interandinos, HAV = Vegetación Altoandina; los valores en negritas representan la presencia estimada basada en la probabilidad del índice de Beals en el análisis de diversidad oscura.; * = nuevo registro para el parque, ** = nuevo registro para Bolivia.

Table 2 (cont.). Checklist of reptilian species registered in Madidi National Park and Natural Integrated Management Area for this study. Species that are potentially new to science but have not yet been formally described are listed as "sp.". Rec = Type of record, which can be fw = from field work, bl = from baseline database, or bo = both; CS = Conservation Status, categories according to the IUCN; Ecoregions which can be in = inside the park, ou = outside the park, or bo = both: AFF = Amazonian Floodplain Forest, SAF = Sub-Andean Amazon Forests, PAF = Pre-Andean Amazon Forests, PNF = Pando Amazon Forests, CP = Cerrado Paceño, FSM = Llanos de Moxos Flooded Savannah, YU = Yungas, IDF = Inter-Andean Dry Forests, HAV = High Andean Vegetation; values in bold represent the estimated presence based on the probability from Beals' index in the dark diversity analysis.; * = new record for the park, ** = new record for Bolivia.

Fam	Species	Rec	CS	AFF	SAF	PAF	PNF	CP	FSM	YU	IDF	HAV	Min	Max
Elapidae	<i>Micrurus annellatus</i> *	bo	LC			ou				in			205	1783
	<i>Micrurus lemniscatus</i>	bo	LC		in	bo							197	341
	<i>Micrurus obscurus</i> *	fw	LC		in	in					in		264	770
	<i>Micrurus spixii</i>	bl	LC							in	in		1684	1791
	<i>Micrurus surinamensis</i> *	fw	LC		in								292	292
Leptotyphlopidae	<i>Epictia albipuncta</i>	fw	LC							in			1170	2210
	<i>Epictia striatula</i>	bl	VU							ou			1326	1326
Typhlopidae	<i>Amerotyphlops brongersmianus</i>	bl	LC		in								322	327
	<i>Amerotyphlops reticulatus</i>	bl	LC		ou	ou							205	225
Viperidae	<i>Bothrocophias andianus</i> *	fw	LC							in			2375	2375
	<i>Bothrocophias microphthalmus</i>	bl	LC		bo						in		452	1322
	<i>Bothrops atrox</i>	bo	LC		bo	bo				ou	in		206	1326
	<i>Bothrops bilineatus</i>	bl	LC			bo							205	264
	<i>Bothrops oligolepis</i>	bl	LC			ou							269	269
	<i>Bothrops taeniatus</i>	bl	LC		in								1068	1068
	<i>Crotalus durissus</i> *	bo	LC							bo			1602	1679
	<i>Lachesis muta</i>	bo	LC		in	bo				ou			205	1068

Beta diversity

Beta diversity showed a high species turnover between ecoregions. The dissimilarity index (Fig. 3) shows that Sub-Andean Amazon Forests and Pre-Andean Amazon Forests are the most similar, in contrast, the Cerrado Paceño is entirely distinct from the other nearby ecoregions, sharing no species even though this ecoregion is almost exclusively surrounded by the Pre-Andean Amazonian Forests, which can mainly be attributed to its open grassland characteristics, quite unique in comparison to the other ecoregions sampled. The Inter-Andean Dry Forests are more similar to the Pre-Andean and Sub-Andean Amazon Forests. The Yungas shows greater similarity to High Andean Vegetation than Sub-Andean Amazon Forests.

The ternary diagram below (Fig. 4) illustrates that a third of the reptile diversity comparisons between the ecoregions in Madidi do not share any species (2, 6, 10, 12, 13), and consistently exhibit large differences in the number of unique species. The Sub-Andean Amazon Forests and Pre-Andean Amazon Forests (1) share eleven species, but the index value is only one-third of the shared species. Therefore, we can infer that all the ecoregions in Madidi are primarily composed of unique species assemblages.

Gamma diversity

The 50 km buffer outside the park included three new ecoregions not found inside Madidi, however, reptiles were recorded in only two of these ecoregions (Pando Amazon Forest and Llanos de

Moxos Flooded Savannas). The total gamma diversity within the eight ecoregions found both inside and outside Madidi comprises 133 species, including both baseline and fieldwork records (Table 1). This study reports 25 new records for the park, including one new record for Bolivia, and six potentially new species to science (Table 2). These species, potentially new to science (*Kentropyx* sp., *Stenocercus* sp., *Tropidurus* sp., *Dipsas* sp., *Liolaemus* sp. 1 and 2), exhibit both pholidosis and body patterns that do not match their closest known relatives. In the case of the two possible new species of the genus *Liolaemus*, one was recorded on the eastern side of the Andes and the other on the western side, suggesting a significant barrier between the two populations. Currently, taxonomic and genetic studies are being conducted to confirm their taxonomy.

Dark diversity

The dark diversity index suggests that there is a high probability of recording a yellow-footed tortoise (*Chelonoidis denticulatus*) within additional ecoregions in the park, in Cerrado Paceño, Yungas, and Inter-Andean Dry Forests, as well as outside the park, in the Llanos de Moxos Flooded Savannas (Table 2). Additionally, in the Pando Amazon Forests ecoregion, seven

more species are expected to be present: two caimans *Caiman yacare*, *Paleosuchus palpebrosus*, three lizards *Alopoglossus andeanus*, *Polychrus liogaster*, *Gonatodes humeralis*, and two species of snakes: *Helicops polyplepis* and *Leptodeira annulata*. In summary, eight species from the dark diversity list are predicted with a 95 % probability of future recording in the ecoregions (Table 2).

New record for the country

Euspondylus Tschudi, 1845. In this study, we report for the first time in Bolivia, a lizard of the genus *Euspondylus*, which belongs to the neotropical family Gymnophthalmidae. This group of lizards comprises 10 species distributed along the eastern side of the Andes, ranging from Venezuela to southern Peru (Fig. 5).

An individual was photographed at the community of Sarayoj on the 21st September 2017 at 12:25 h, camp coordinates 14.6134° S; 68.1924° W, elevation 1,158 m a.s.l. (Fig. 5). The individual was observed on a tree trunk in a vertical position, suggesting that it is an arboreal species which is characteristic of some species within this genus (Chávez et al., 2017). Unfortunately, the individual could not be caught, but with a high quality photograph we were able to diagnose the individual externally,

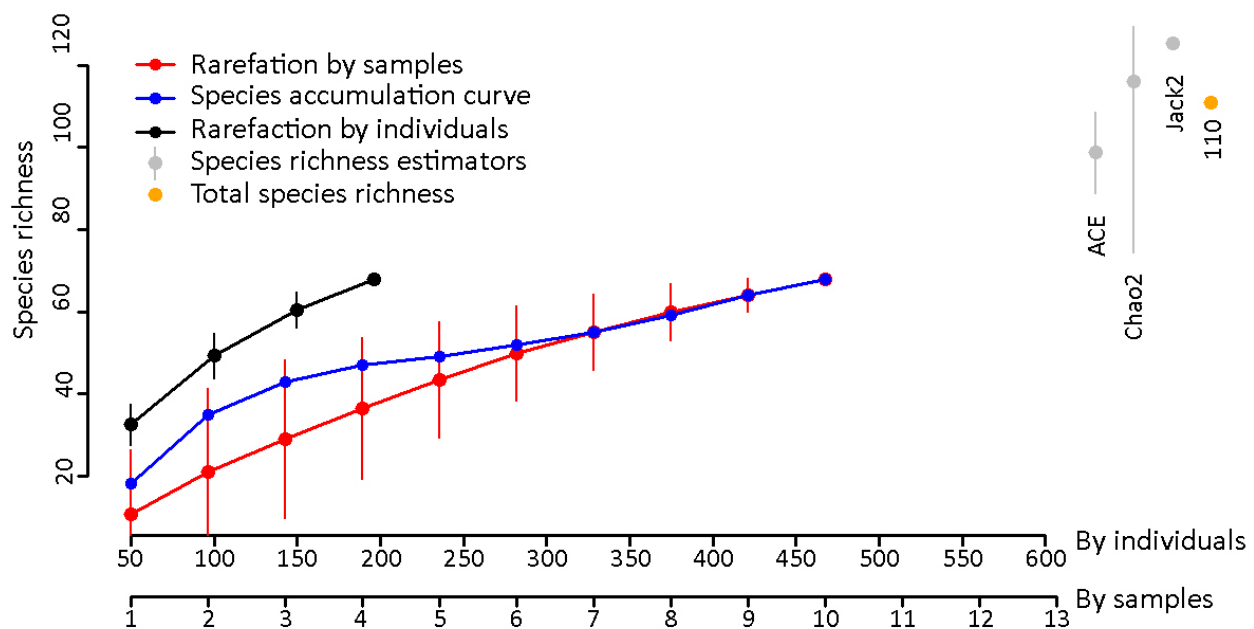


Figura 2. Curvas de acumulación y rarefacción de especies a partir de los datos del trabajo de campo. La curva de rarefacción por individuos estima que se registrarían 68 especies con una muestra de 200 individuos registrados. La riqueza total de especies es la suma de las especies registradas durante el trabajo de campo y aquellas provenientes de la línea base.

Figure 2. Species accumulation and rarefaction curves from fieldwork data. Rarefaction by individuals curve estimates that 68 species would be registered with a sample of 200 recorded individuals. Total species richness is the sum of species recorded during fieldwork and those from the baseline.

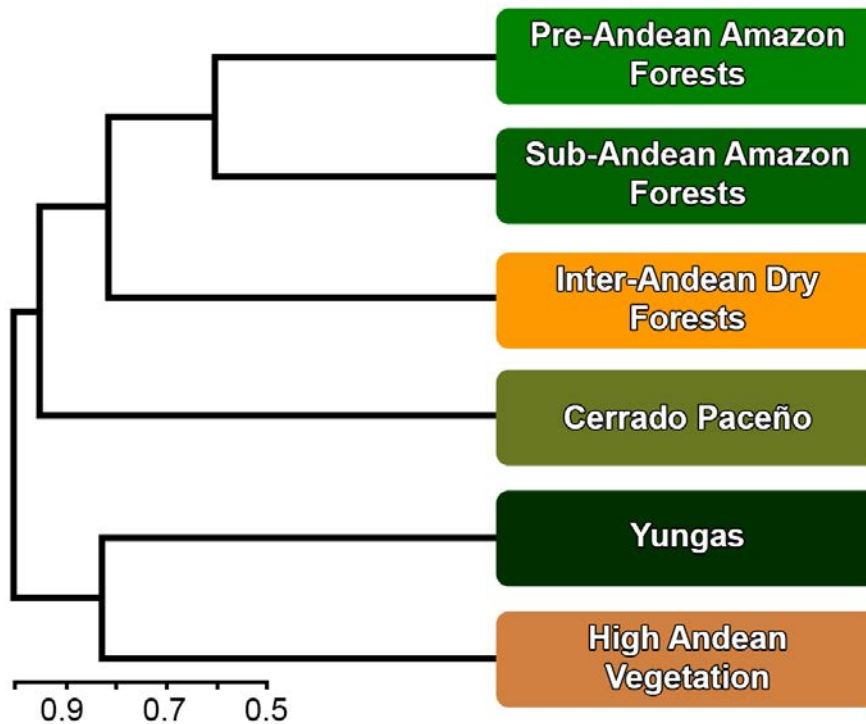


Figura 3. Dendrograma que muestra las disimilitudes en la composición de especies de reptiles entre las ecoregiones del Parque Nacional Madidi y el Área Natural de Manejo Integrado; los colores corresponden a los del mapa, y la escala indica el grado de diferencia entre las ecoregiones.

Figure 3. Dendrogram depicting dissimilarities in reptile species composition between ecoregions in Madidi National Park and Natural Integrated Management Area; colors correspond to those on the map, and the scale indicates the degree of difference between ecoregions.

distinguishing the arrangements and pattern of scales on the dorsal body surface (pholidosis) that characterizes the genus, with a rostral scale, nasals separated by an undivided frontonasal, the presence of two prefrontal scales, one frontal scale, striated and subimbricate dorsal scales, and lateral scales reduced when closer to ventral scales (Chávez et al., 2017). Unfortunately, we cannot observe the characteristics that would allow us to definitively identify the species, such as the palpebral disc, the number of femoral pores, the number of subdigital lamellae, anal scales and other features (Köhler & Lehr, 2004; Lehr et al., 2018). With this record, we extend its distribution by more than 250 km, making it the southernmost record known to date.

Other important records

During fieldwork along the Heath River, we photographed *Caiman crocodilus* (Linnaeus, 1758) on multiple occasions (Fig. 6), this species is widely distributed throughout northern South America, with its southern range extending to the center of the continent. It is characterized by bodies that range from olive-brown to light yellowish, almost whitish in color, with weak or absent markings on the jaws and lacking extensive dark bars on the lateral edges of the ventral scales (Brazaitis et al., 1998; Rueda-Almonacid et al., 2007).

Another significant record obtained during the fieldwork was the Sipo snake, *Chironius whipala* Quinteros-Muñoz et al. 2024 (Fig. 7). This specimen displayed the following morphological characteristics: SVL 79.5, total length 117.5, dorsal scale formula 10-10-8, 148 ventral scales, 115 subcaudals, 9 supralabials, with scales 4, 5, and 6 in contact with the orbit, and 9 infralabials. The hemipenis was unilobed, non-capitated, subcylindrical in shape, with an undivided sulcus spermaticus. The dorsal coloration was emerald green, while the rostral scale, nasal scales, and the lower portion of the supralabials were yellow. The ventral side of the head was immaculate white, transitioning to yellow-greenish along the first third of the body and turning green toward the posterior region (Quinteros-Muñoz et al., 2024).

DISCUSSION

In this study we explore the species diversity of reptiles in a protected area that has been proposed as the world's most diverse tropical protected area (Remsen & Parker, 1995; Salinas & Wallace, 2012; Ocampo et al., 2024). Throughout the study, we identified 110 reptile species, reporting one new taxon (genus) for the country, *Euspondylus*, as well as 24 new records for the park, and the potential discovery of six new species of reptiles for science. These findings underscore the remarkable

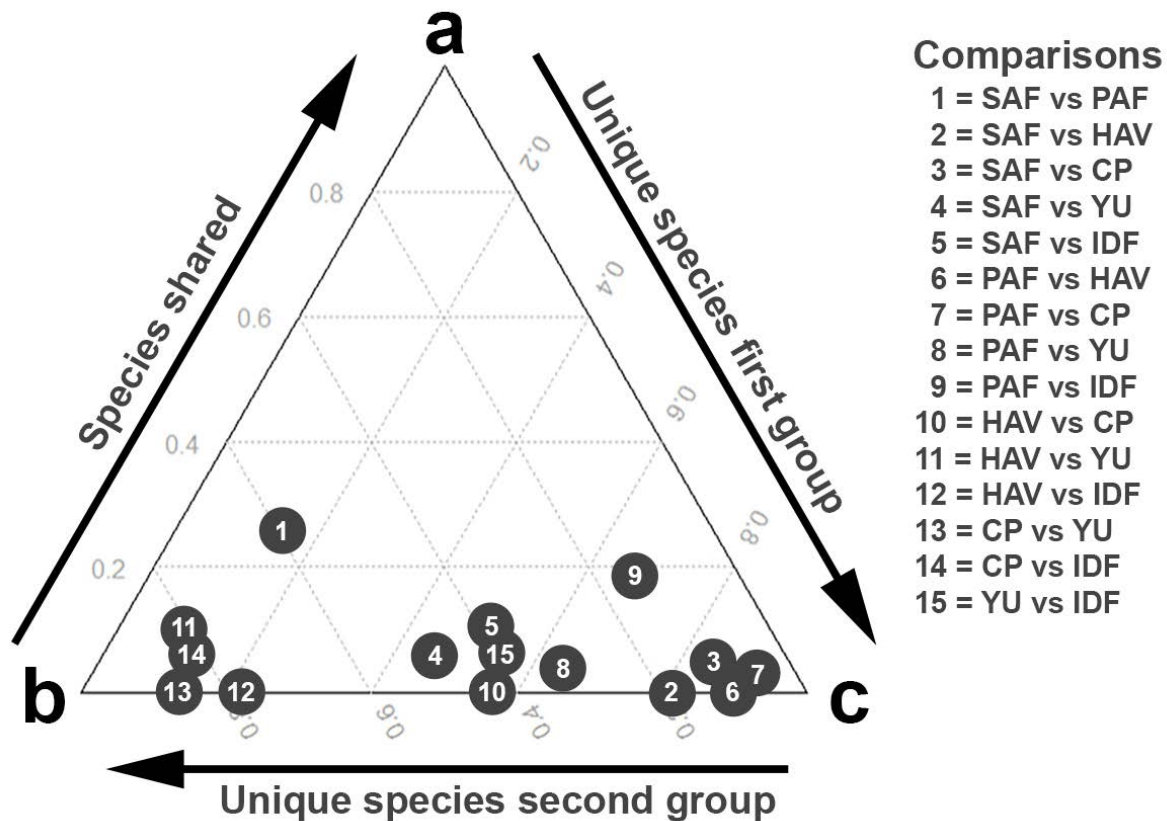


Figura 4. Diagrama ternario donde a representa el número de especies compartidas entre dos sitios, b y c representan el número de especies únicas (no compartidas). CP Cerrado Paceño, HAV Vegetación Altoandina, IDF Bosques Secos Interandinos, PAF Bosques Amazónicos Preandinos, SAF Bosques Amazónicos Subandinos, YU Yungas.

Figure 4. Ternary diagram where a is number of species shared between two sites, b and c the numbers of unique species (not shared). CP Cerrado Paceño, HAV High Andean Vegetation, IDF Inter-Andean Dry Forests, PAF Pre-Andean Amazon Forests, SAF Sub-Andean Amazon Forests, YU Yungas..

biodiversity richness of Madidi, reinforcing its conservation significance and our understanding of global reptile diversity. It is important to note that absolute estimates of species diversity are not plausible, even for long-term studies (Das, 2016).

The protected areas with the highest recorded reptile diversity in the world are Kinabalu (Borneo, 112 species), Yasuní (Ecuador, 121 species), and Manu (Peru, 132 species) (Malkmus et al., 2002; Bass et al., 2010; Catenazzi et al., 2013). However, it is important to note that in the case of Manu, probable species were included in their count without confirmed presence within the protected area. Our findings for Madidi National Park fall just below this range, and we are confident that with more extensive sampling efforts, in the coming years, new records will be added. Due to the challenging accessibility of the area, the 15 sites sampled

were surveyed only once. Additionally, because of the extremely cryptic nature of reptiles, many of which are nocturnal and/or fossorial, their detectability is fleeting. Therefore, with more intense sampling, as well as visiting the sites in a different season of the year, Madidi National Park may emerge as the protected area harbouring the highest diversity of reptiles in the world.

The results of the dark diversity analysis based on Beals' index reveal that *Chelonoidis denticulatus* has a high probability of co-occurring with other species in the studied ecoregions. This is particularly evident in the Pando Amazon Forests, where only this species has currently been recorded. However, dark diversity estimates suggest that at least seven additional species should be present based on co-occurrence patterns: *Caiman yacare*, *Paleosuchus palpebrosus*, *Alopoglossus andeanus*, *Polychrus liogaster*,

Gonatodes humeralis, *Helicops polylepis*, and *Leptodeira annulata*. Furthermore, the projections indicate that *C. denticulatus* should also be present in four additional ecoregions where it has not yet been recorded: Cerrado Paceño, Llanos de Moxos Flooded Savannah, Yungas, and the Inter-Andean Dry Forests. This pattern can be explained by its broad distribution in South America, relatively generalist dietary and habitat requirements, and its high detectability in diverse ecological contexts (Rueda-Almonacid et al., 2007; Sobral-Souza et al., 2017; Tavares et al.,

2019). These characteristics facilitate its co-occurrence with species that share similar habitat needs.

On the other hand, the estimates indicate that no additional species should be added to the park's inventory based on co-occurrence. This suggests that the most common species have already been recorded and that those yet to be documented within the park are likely rarer or exhibit seasonal occurrence. This reasoning is supported by the decreasing slope of the

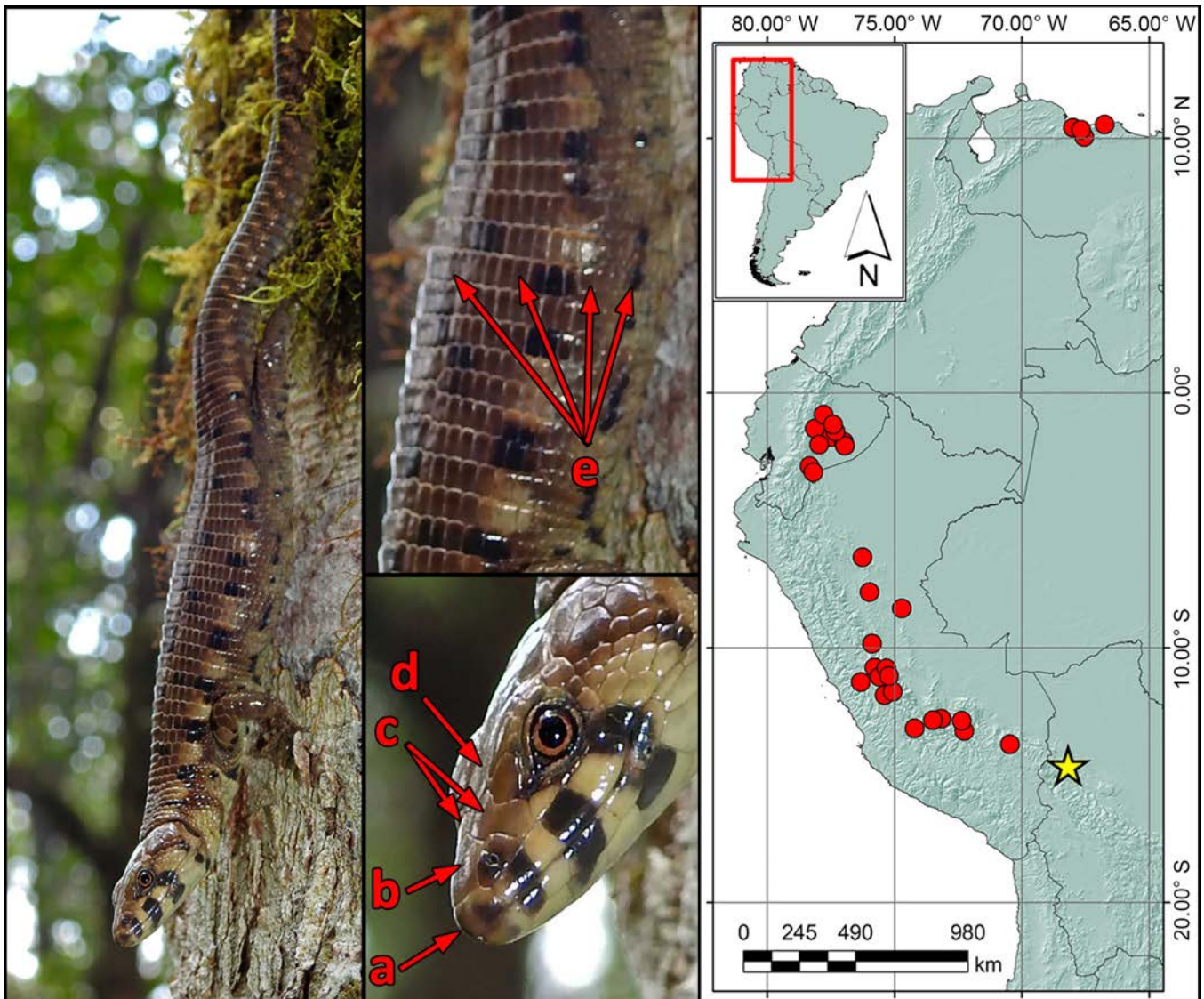


Figura 5. Nuevo género de lagartija para Bolivia, *Euspondylus* sp. de la localidad de Sarayoj; las flechas rojas indican la foliosis característica del género: a) rostral, b) frontonasal no dividida, c) dos prefrontales, d) una frontal, e) escamas dorsales estriadas y subimbricadas, y escamas laterales reducidas al acercarse a las ventrales. Foto: Guido Ayala/WCS. Puntos rojos representan registros de *Euspondylus* spp., estrella amarilla representa nuestro registro en el Parque Nacional Madidi.

Figure 5. New genus of lizard for Bolivia, *Euspondylus* sp. from the Sarayoj locality; the red arrows show the characteristic pholidosis of the genus, a) rostral, b) frontonasal undivided, c) two prefrontals, d) one frontal, e) striated and subimbricate dorsal scales, and lateral scales reduced when closer to ventrals. Photo: Guido Ayala/WCS. Red dots represent records of *Euspondylus* spp., yellow star represents our record in Madidi National Park"

rarefaction curve, indicating that additional sampling efforts will yield a limited number of new records.

We found that the Sub-Andean Amazon Forest located at the eastern foothills of the Andean mountain range is the ecoregion with the highest diversity. One might speculate that this ecoregion constitutes an ecotone between the higher mountain forests (Yungas) and the lowlands (Pre-Andean Amazon Forest), with the confluence and coexistence of species from both ecoregions (Holland et al., 1991), however, the beta diversity analysis so far shows that Yungas and Sub-Andean Amazon Forest share very few species despite being adjacent

to each other along the mountain range. Consequently, species turnover is high along the altitudinal gradient in Madidi, as the classification of ecoregions in mountainous chains is strongly correlated with this gradient (Ibisch et al., 2003).

The record of *Caiman crocodilus* represents the first documented occurrence of this species in Madidi National Park and the second for the La Paz Department and Bolivia. Until a few years ago, *C. crocodilus* had not been formally recorded in Bolivia, although distribution estimates suggested it might be near the Bolivian border (Rueda-Almonacid et al., 2007; Balaguera-Reina & Velasco, 2019). The closest records were from the Madre de

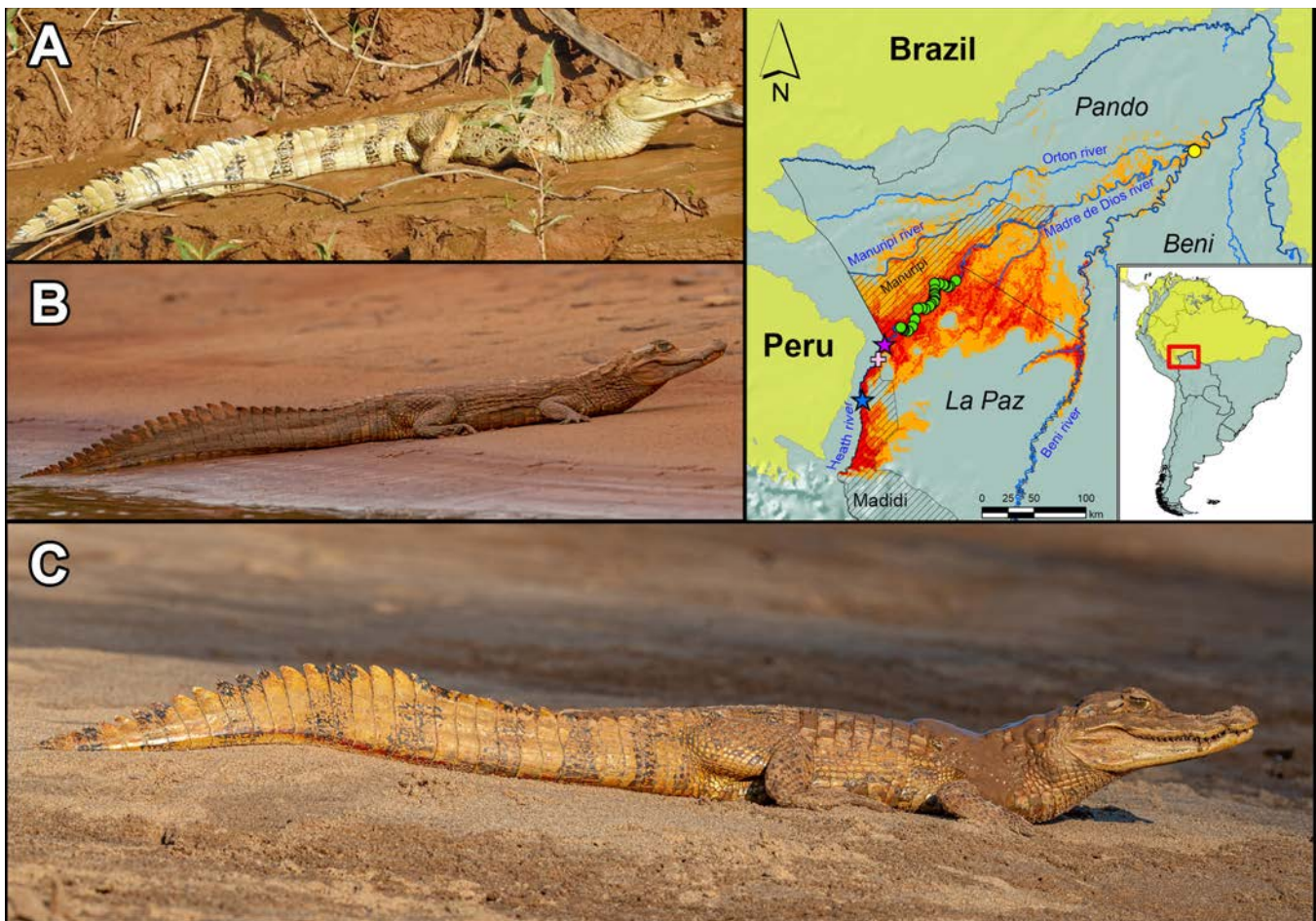


Figura 6. Registros fotográficos de *Caiman crocodilus*: A) Foto de Mauricio Ocampo, B) y C) Fotos de Robert Wallace. El mapa muestra la distribución de *C. crocodilus* según la IUCN resaltada en amarillo mostaza; la estrella púrpura indica el primer registro para Bolivia en 2014 por Declan Troy, la estrella azul indica nuestros registros en 2017, la cruz rosa y el círculo amarillo indican los registros de Ken Oeser y Vincent A. Vos, respectivamente, en 2018, y los círculos verdes indican los registros de Roque et al. en 2021. El degradado de rojo a naranja representa la distribución potencial de *C. crocodilus* en Bolivia.

Figure 6. Photographic records of *Caiman crocodilus*: A) Photograph by Mauricio Ocampo, B) and C) Photos by Robert Wallace. The map shows the IUCN distribution of *C. crocodilus* highlighted in mustard yellow, purple star indicating the first record for Bolivia in 2014 by Declan Troy, the blue star indicating our records in 2017, the pink cross and yellow circle indicating records by Ken Oeser and Vincent A. Vos respectively in 2018, and the green circles indicating records by Roque et al. in 2021. The gradient from red to orange represents the potential distribution of *C. crocodilus* in Bolivia.

Dios River in Peru, and even though this river enters and crosses northern Bolivia through the departments of Pando, La Paz, and Beni, the species had not been documented there.

In 2014, Declan Troy photographed *C. crocodilus* along the lower Heath River (12.53615° S, 68.660015° W), and this image

was uploaded to the iNaturalist platform in 2018, becoming the first formal record of *C. crocodilus* at the Bolivia-Peru border. Later, in 2017, we photographed this species in the upper Heath River (13.0163° S, 68.8520° W) (Identidad Madidi, 2020). In 2018, Ken Oeser photographed a juvenile in the same river (12.66873° S, 68.7141° W), and Vincent A. Vos photographed an individual resting on a log northeast of Riberalta, Beni, Bolivia (10.86299°

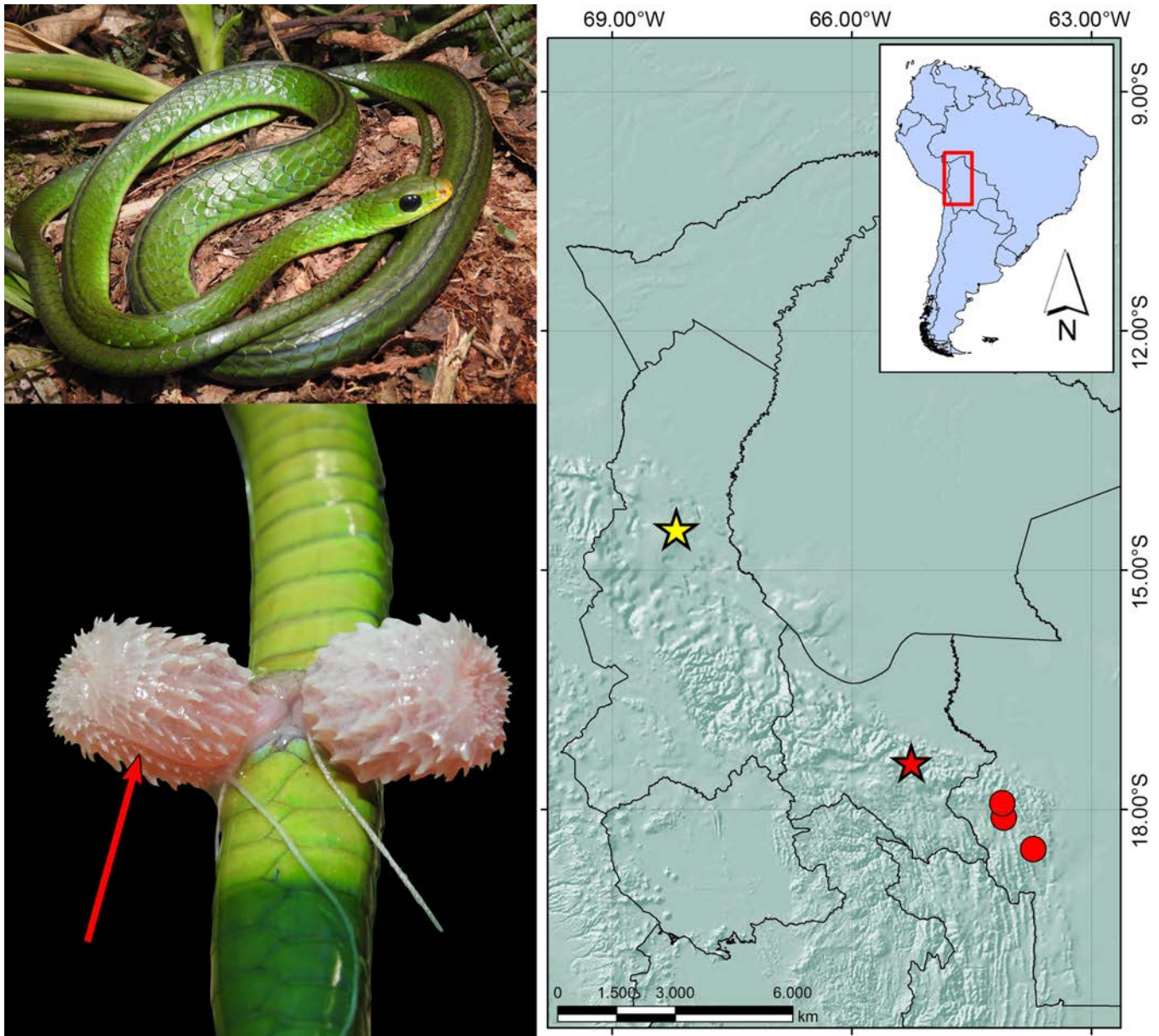


Figura 7. Registro y ampliación de la distribución de *Chironius whipala* Quinteros-Muñoz et al. 2024 en el Parque Nacional Madidi. La flecha roja indica el surco espermático no dividido en los hemipenes. La estrella roja representa la localidad tipo de la especie, los puntos rojos indican las localidades de los paratipos y la estrella amarilla marca nuestro registro en el Parque Nacional Madidi.

Figure 7. Record and distribution extension of *Chironius whipala* Quinteros-Muñoz et al. 2024 in Madidi National Park. The red arrow indicates the undivided sulcus spermaticus in the hemipenis. The red star represents the type locality of the species, red dots indicate the localities of the paratypes, and the yellow star marks our record in Madidi National Park.

S, 65.97538° W), which became the first confirmed record within Bolivian territory. These records were uploaded to iNaturalist platform in 2021 and 2022, respectively.

In 2020, Bolivia's Ministry (Ministerio de Medio Ambiente y Agua) published a book mentioning the species' distribution within the Manuripi National Park, but without citing confirmed records (Aliaga-Rossel et al., 2020). However, in 2021, Roque et al. provided numerous photographic records of *C. crocodilus* in the Bolivian section of the Madre de Dios River, which forms the southern boundary of the Manuripi National Park (Roque et al., 2024). These records collectively confirm that *C. crocodilus* is present in northern Bolivia, primarily along the Madre de Dios River, extending at least 100 km into Bolivia from the border areas with Brazil and Peru.

On the other hand, with our record of *Chironius whipala* in Madidi National Park, we have extended the previously known distribution of the species by more than 450 km to the northwest, covering the humid forests of the Yungas ecoregion in Bolivia. This finding offers valuable insights into the species' distribution and ecological range.

Currently, Bolivia is known to be home to around 325 reptile species (Uetz et al., 2024), meaning that, to the best of our knowledge, Madidi National Park protects about one-third of Bolivia's reptile diversity, and we are confident that this number will increase in the future. This research highlights the importance of conserving and protecting highly diverse places, whilst also emphasizing that protected areas established around these zones should receive support for conducting scientific research to monitor biodiversity consistently.

CONCLUSIONS

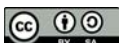
The geological formation during the uplift of the tropical Andes has created a mosaic of ecosystems that host an exceptional diversity of plants and animals. Few places in the world offer the opportunity to conserve such high-diversity areas under a protected designation. In the case of Madidi National Park and Natural Integrated Management Area in Bolivia, this protection encompasses six distinct ecoregions across an altitudinal range of 5,864 meters. Through extensive research over three years, combining literature reviews and fieldwork, we have compiled the most comprehensive list of confirmed reptile records for Madidi National Park to date. Our study confirms the presence of 110 reptile species within the park, and our analyses suggest that the full extent of the park's reptile diversity remains to be discovered. Our findings also indicate that the reptile

composition across the different ecoregions is unique, with very few species shared among them, highlighting the singular value of each ecoregion. We report 25 new records for the park, one new record for Bolivia, and the discovery of six potential new species to science. This study underscores the incredible reptile diversity harbored by Madidi National Park and the ongoing need for further inventories to fully appreciate the natural value of this area.

Acknowledgements.— We dedicate this study to the memory of our dear friend and colleague, the Bolivian herpetologist James Aparicio Effen (1967—2023), the first author of this paper, acknowledging the important contributions he made to biological research and conservation in Bolivia. We are grateful for the support of the National Protected Area Service (SERNAP) in facilitating our visits to Madidi National Park and Natural Integrated Management Area, as well as to the park rangers for their valuable contribution to the conservation of protected areas in Bolivia. We also acknowledge the Wildlife Conservation Society (WCS) and the Gordon and Betty Moore Foundation for their support to the Identidad Madidi project, and to the Institute of Ecology at the Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) and the Bolivian Ministry of Environment and Water for facilitating this project through the research permit: MMAYA/VMABCCGDF/DGBAP/UVSAP No. 354/2014.

LITERATURE CITED

- Aliaga-Rossel, E., C. Cortez & S. Reichle. 2020. Reptiles y mamíferos acuáticos y semi acuáticos de las áreas protegidas nacionales de Bolivia. Ministerio de Medio Ambiente y Agua, La Paz, Bolivia.
- Antonelli, A., A. Zizka, F.A. Carvalho, R. Scharn, C.D. Bacon, D. Silvestro & F.L. Condamine. 2018. Amazonia is the primary source of Neotropical biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115:6034-6039.
- Ascenso, A.C., J.C.L. Costa & A.L.C. Prudente. 2019. Taxonomic revision of the *Erythrolamprus reginae* species group, with description of a new species from Guiana Shield (Serpentes: Xenodontinae). *Zootaxa* 4586:65-97.
- Avila-Pires, T.C.S. 1995. Lizards of Brazilian Amazonia (Reptilia: Squamata). *Zoologische Verhandelingen* 299:1-706.
- Balaguera-Reina, S.A. & A. Velasco. 2019. *Caiman crocodilus*, in: IUCN Red List of threatened species. Versión 2024.1. <http://www.iucnredlist.org> [Consultado en julio 2024].



- Bass, M.S., M. Finer, C.N. Jenkins, H. Kreft, D.F. Cisneros-Heredia, S.F. McCracken, N. C. A. Pitman, P. H. English, K. Swing, G. Villa, A. Di Fiore, C. C. Voigt & T.H. Kunz. 2010. Global Conservation Significance of Ecuador's Yasuní National Park. *Plos One* 5:e8767.
- Brazaitis, P., G.H. Rebêlo & C. Yamashita. 1998. The distribution of *Caiman crocodilus crocodilus* and *Caiman yacare* populations in Brazil. *Amphibia Reptilia* 19:193-201.
- Catenazzi, A., E. Lehr & R. Von May. 2013. The amphibians and reptiles of Manu National Park and its buffer zone, Amazon basin and eastern slopes of the Andes, Peru. *Biota Neotropica* 13:1-15.
- Chávez, G., A. Catenazzi & P.J. Venegas. 2017. A new species of arboreal microteiid lizard of the genus *Euspondylus* (Gymnophthalmidae: Cercosaurinae) from the Andean slopes of central Peru with comments on Peruvian *Euspondylus*. *Zootaxa* 4350:301-316.
- Chazot, N., D.L. De-Silva, K.R. Willmott, A.V.L. Freitas, G. Lamas, J. Mallet, C.E. Giraldo, S. Uribe & M. Elias. 2018. Contrasting patterns of Andean diversification among three diverse clades of Neotropical clearwing butterflies. *Ecology and Evolution* 8:3965-3982.
- Cortez, C. & R. Tejada. 2002. Diagnóstico de herpetofauna del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi. Wildlife Conservation Society, La Paz, Bolivia.
- Das, I. 2016. Rapid assessments of reptile diversity, Pp. 241-253. En C.K. Dodd Jr. (Ed.), *Reptile Ecology and Conservation a Handbook of Techniques*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Doan, T.M. & T.A. Castoe. 2005. Phylogenetic taxonomy of the *Cercosaurini* (Squamata: Gymnophthalmidae), with new genera for species of *Neusticurus* and *Proctoporus*. *Zoological Journal of the Linnean Society* 143:405-416.
- Dodd Jr., C.K. 2016. *Reptile Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques*. Oxford, UK.
- Domic, E., C. Cortez, D. Embert, J. Aparicio, S. Reichle, I. de la Riva & J.M. Padial. 2012. Los reptiles y anfibios de Madidi. Pp. 96-111. En E. Salinas & R.B. Wallace (Eds.), *Conocimientos Científicos y Prioridades de Investigación en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi*. Servicio Nacional de Áreas Protegidas, La Paz, Bolivia.
- Emmons, L.H. 1991. Observations on the Herpetofauna. En T. A. Parker III & B. Bailey (Eds.), *A biological Assessment of the Alto Madidi Region and Adjacent Areas of Northwest Bolivia*. Conservación Internacional, Washington D.C., USA
- Escobar, S., A.J. Helmstetter, S. Jarvie, R. Montúfar, H. Balslev & T.L.P. Couvreur. 2021. Pleistocene climatic fluctuations promoted alternative evolutionary histories in *Phytelephas aequatorialis*, an endemic palm from western Ecuador. *Journal of Biogeography* 48:1023-1037.
- Esquerré, D., I.G. Brennan, R.A. Catullo, F. Torres-Pérez & J.S. Keogh. 2019. How mountains shape biodiversity: The role of the Andes in biogeography, diversification, and reproductive biology in South America's most species-rich lizard radiation (Squamata: Liolaemidae). *Evolution* 73:214-230.
- Garzón-Orduña, I.J., J.E. Benetti-Longhini & A.V.Z. Brower. 2015. Competing paradigms of Amazonian diversification and the Pleistocene refugium hypothesis. *Journal of Biogeography* 42:1357-1360.
- GBIF.org (2014), GBIF Global Biodiversity Information Facility. <https://www.gbif.org> [Consulted on Januari 2014].
- Gomes, de C.A.L., de B.M. Ribeiro & F.D. Silva. 2013. Biogeography of the lizard genus *Tropidurus* Wied Neuwied, 1825 (Squamata: Tropiduridae): distribution, endemism, and area relationships in South America. *Plos One* 8:e59736.
- Haffer, J. 1969. Speciation in Amazonian Forest Birds. *Science* 165:131-137.
- Harvey, M.B., E.J. Aparicio & A.L. Gonzales. 2003. Revision of venomous snakes of Bolivia: Part 1. The coral snakes (Elapidae: Micrurus). *Annals of Carnegie Museum* 72:1-52.
- Harvey, M.B., E.J. Aparicio & A.L. Gonzales. 2005. Revision of the venomous snakes of Bolivia. II: The pitvipers (Serpentes: Viperidae). *Annals of Carnegie Museum* 74:1-37.
- Holland, M.M., P.G. Risser & R. Naiman. 1991. *Ecotones: the role of landscape boundaries in the management and restoration of changing environments*. Chapman & Hall, New York, USA.
- Hoorn, C., F.P. Wesselingh, H. ter Steege, M.A. Bermudez, A. Mora, J. Sevink, I. Sanmartín, A. Sanchez-Meseguer, C. L. Anderson, J. P. Figueiredo, C. Jaramillo, D. Riff, F. R. Negri, H. Hooghiemstra, J. Lundberg, T. Stadler, T. Särkinen & A. Antonelli. 2010. Amazonia through time: Andean uplift, climate change, landscape evolution, and biodiversity. *Science* 330:927-931.



- Hoorn, C., V. Mosbrugger, A. Mulch & A. Antonelli. 2013. Biodiversity from mountain building. *Nature Geoscience* 6:154.
- Ibisch, P.L., S.G. Beck, G.B. & A. Carretero. 2003. Ecoregiones y ecosistemas. Pp. 47-88. En: P.L. Ibisch & G. Mérida (Eds.), *Biodiversidad: La Riqueza de Bolivia. Estado de Conocimiento y Conservación*. Ministerio de Desarrollo Sostenible. Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- Identidad Madidi & SERNAP. 2017. Informe Científico 2015. Relevamientos de biodiversidad en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi. Wildlife Conservation Society, La Paz, Bolivia.
- Identidad Madidi & SERNAP. 2019. Informe de la expedición científica Identidad Madidi 2016. Relevamientos de biodiversidad en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi. Wildlife Conservation Society, La Paz, Bolivia.
- Identidad Madidi. 2020. Informe de la expedición científica Identidad Madidi 2017. Relevamientos de biodiversidad en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi. Wildlife Conservation Society, La Paz, Bolivia.
- Köhler, G. & E. Lehr. 2004. Comments on *Euspondylus* and *Proctoporus* (Squamata: Gymnophthalmidae) from Peru, with the description of three new species and a key to the peruvian species. *Herpetologica* 60:501-518.
- Kok, P.J.R. 2010. A new species of *Chironius* Fitzinger, 1826 (Squamata: Colubridae) from the Pantepui region, northeastern South America. *Zootaxa* 2611:31-44.
- Leary, S., W. Underwood, R. Anthony, S. Carter, T. Grandin, C. Greenacre, S. Gwaltney-Brant, M.A. McCrackin, R. Meyer, D. Miller, J. Shearer, T. Turner & R. Yanong. 2020. AVMA Guidelines for the Euthanasia of Animals: 2020 Edition. American Veterinary Medical Association, Schaumburg, Illinois, USA.
- Lehr, E., J. Moravec, A. Whitworth, J. Villacampa, J.C. Cusi & R. von May. 2018. New distribution records for *Euspondylus excelsus* Chávez, Catenazzi & Venegas, 2017 (Reptilia, Gymnophthalmidae, Cercosaurinae) in Peru. *Check List* 14:1141-1149.
- Lewis, R.J., R. Szava-Kovats & M. Pärtel. 2016. Estimating dark diversity and species pools: an empirical assessment of two methods. *Methods in Ecology and Evolution* 7:104-113.
- Lewis, R.J., F. de Bello, J.A. Bennett, P. Fibich, G.E. Finerty, L. Götzenberger, I. Hiiesalu, L. Kasari, J. Leps, M. Májeková, O. Mudrák, K. Riibak, A. Ronk, T. Rychtecká, A. Vitová & M. Pärtel. 2017. Applying the dark diversity concept to nature conservation. *Conservation Biology* 31:40-47.
- MacQuarrie, K., A. Bärtschi & R. Mittermeier. 2001. Donde los Andes encuentran al Amazonas. Bahuaja-Sonene y Madidi, parques nacionales de Perú y Bolivia. Jordi Blassi, Barcelona.
- Malkmus, R., U. Manthey, G. Vogel, P. Hoffmann & J. Kosuch. 2002. *Amphibians and Reptiles of Mount Kinabalu (North Borneo)*. Gantner Verlag, Ruggell, Liechtenstein.
- Montambault, J.R. 2002. Informes de las Evaluaciones Biológicas de Pampas del Heath, Perú, Alto Madidi, Bolivia, y Pando, Bolivia. Conservation International, Washington D. C., USA.
- Ocampo, M., D. Pincheira-Donoso, F. Sayol & R.S. Rios. 2022. Evolutionary transitions in diet influence the exceptional diversification of a lizard adaptive radiation. *BMC Ecology and Evolution* 22:74.
- Ocampo, M., J.E. Aparicio, N. Bernal Hoverud, E. Domic & R.B. Wallace. 2024. Amphibian diversity in Madidi National Park and Natural Integrated Management Area, Bolivia, one of the most diverse parks in South America. *Herpetology Notes* 17:371-389.
- Pérez-Bejar, M.E. 1997. Una evaluación preliminar de los anfibios y reptiles de las Pampas del Heath (Provincia Iturrealde, Departamento La Paz). *Ecología en Bolivia* 30:43-54.
- Prates, I., M. Trefaut-Rodrigues, P.R. Melo-Sampaio & A.C. Carnaval. 2015. Phylogenetic relationships of Amazonian anole lizards (Dactyloa): Taxonomic implications, new insights about phenotypic evolution and the timing of diversification. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 82:258-268.
- Quinteros-Muñoz, O., P. Gómez-Murillo, T. Camacho-Badani, R. Aguayo, R. Carpio-Real, E. Pérez, B. Marca, L. Gonzales & O. Torres-Carvajal. 2024. A new species of Sipo Sanke, *Chironius* (Serpentes: Colubridae), from the Yungas of Bolivia. *Amphibian & Reptile Conservation* 18:58-67.
- R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>



- Remsen, J.V. & T.A. Parker. 1995. Bolivia has the opportunity to create the planet's richest park for terrestrial biota. *Bird Conservation International* 5:181-199.
- Rocha, D.G. da & I.L. Kaefer. 2019. What has become of the refugia hypothesis to explain biological diversity in Amazonia? *Ecology and Evolution* 9:4302-4309.
- Roque, N., B. Gross, A.L. Rodríguez-Cordero, S.A. Balaguera-Reina & L.D. Densmore III. 2024. First confirmed record of Spectacled Caiman, *Caiman crocodilus* Linnaeus 1758, in the Department of Pando, Bolivia. *Reptiles & Amphibians* 31:e21738.
- Rueda-Almonacid, J.V., J.L. Carr, R.A. Mittermeier, J.V. Rodríguez-Mahecha, R.B. Mast, R.C. Vogt, A.G.J. Rhodin, J. de la Ossa-Velásquez, J.N. Rueda & C. Goettsch-Mittermeier. 2007. Las tortugas y los cocodrilanos de los países andinos del trópico. *Conservación Internacional*, Bogotá, Colombia.
- Salinas, E. & R.B. Wallace. 2012. Conocimientos científicos y prioridades de investigación en el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi. Servicio Nacional de Áreas Protegidas, La Paz, Bolivia.
- Seminara, G. 2006. Meanders. *Journal of Fluid Mechanics* 554:271-297.
- Simmons, J.E. 2002. *Herpetological collecting and collections management*. Revised edition. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Salt Lake, Utah, USA.
- Sobral-Souza, T., L. Lautenschlager, T.Q. Morcatty, C. Bello, D. Hansen & M. Galetti. 2017. Rewilding defaunated Atlantic Forests with tortoises to restore lost seed dispersal functions. *Perspectives in Ecology and Conservation* 15:300-307.
- Sonne, J. & C. Rahbek. 2024. Idiosyncratic patterns of local species richness and turnover define global biodiversity hotspots. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 121:e2313106121.
- Tavares, A.S., T.Q. Morcatty, J. Zuanon & W.E. Magnusson. 2019. Influence of body size, topography, food availability and tree-fall gaps on space use by yellow-footed tortoises (*Chelonoidis denticulatus*) in Central Amazonia. *Plos One* 14:e0211869.
- Torres-Carvajal, O. 2007. A taxonomic revision of south american *Stenocercus* (Squamata: Iguania) lizards. *Herpetological Monographs* 21:76-178.
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar, F. Reyes, J. Kudera & J. Hošek. 2024. The Reptile Database. <http://www.reptile-database.org> [Consulted on March 2024].
- Umbrello, L.S., H. Newton, A.M. Baker, K.J. Travouillon & M. Westerman. 2024. Vicariant speciation resulting from biogeographic barriers in the Australian tropics: The case of the red-cheeked dunnart (*Sminthopsis virginiae*). *Ecology and Evolution* 14:e70215.
- Wallace, R., A. Ramírez, E. Salinas & L. Painter. 2017. Inspirando a la población urbana mediante información científica e imágenes de biodiversidad - Identidad Madidi. *Ecología en Bolivia* 52:1-6.



SUPPLEMENTARY DATA

Apéndice S1. Ubicación de los sitios de estudio del trabajo de campo en el Parque Nacional Madidi. ** = sitios donde se utilizaron trampas de caída de 60 l, * = sitios donde se utilizaron trampas de caída de 10 l, Letras en superíndice representan las fechas del trabajo de campo, donde “a” es del 3/jun/15 al 5/jul/15, “b” del 18/ago/15 al 12/sep/15, “c” del 4/oct/15 al 22/nov/15, “d” del 22/abr/16 al 16/may/16, “e” del 16/jun/16 al 7/jul/16, “f” del 25/sep/16 al 19/oct/16, “g” del 20/jun/17 al 17/jul/17, “h” del 15/sep/17 al 28/sep/17, “i” del 10/nov/17 al 26/nov/17.

Appendix S1. Location of fieldwork study sites in Madidi National Park. ** = sites where 60 l pitfall traps were used, * = sites where 10 l pitfall traps were used. Superscript letters represent the fieldwork dates, where “a” corresponds from June 3, 2015 to July 5, 2015; “b” from August 18, 2015 to September 12, 2015; “c” from October 4, 2015 to November 22, 2015; “d” from April 22, 2016 to May 16, 2016; “e” from June 16, 2016 to July 7, 2016; “f” from September 25, 2016 to October 19, 2016; “g” from June 20, 2017 to July 17, 2017; “h” from September 15, 2017 to September 28, 2017; and “i” from November 10, 2017 to November 26, 2017..

Site	Latitude S	Longitude W	Elevation (m a.s.l.)	Ecoregions
ⁱ Chokollo	14.7369	69.2156	4814	High Andean Vegetation
^b Puina Alto	14.6107	69.1372	4750	High Andean Vegetation
^b Puina Medio	14.6107	69.1372	4250	High Andean Vegetation
^b Puina Bajo	14.6107	69.1372	3837	High Andean Vegetation
ⁱ Isañuyoj*	14.6288	69.0464	3460	Yungas
ⁱ Chullina	14.6896	69.0514	2851	Yungas
ⁱ Cargadero	14.5772	68.9778	2155	Yungas
^a Machariapo*	14.6921	68.2853	1763	Yungas
^a Mamacona	14.4697	68.1921	1566	Yungas
^b Sarayoj	14.6134	68.1924	1158	Yungas
^a Sipia*	14.4081	68.5475	740	Inter-Andean Dry Forests
^d Hondo Alto**	14.6335	67.8509	301	Sub-Andean Amazon Forests
^c Alto Madidi**	13.6332	68.7417	252	Sub and Pre-Andean Amazon Forests
^g Heath Bosque**	13.0163	68.852	198	Pre-Andean Amazon Forests
^g Heath Pampa**	12.9683	68.7383	198	Cerrado Paceño

Appendix S2. List of species collected and deposited in the Colección Boliviana de Fauna (CBF).

Appendix S2. Lista de especies colectadas y depositadas en la Colección Boliviana de Fauna (CBF)

Alopoglossus brevifrontalis CBF 4541-42; *Ameiva ameiva* CBF 4278-79, 4472, 4558-61; *Anolis fuscoauratus* CBF 4348-50, 4474, 4569; *Anolis punctatus* CBF 4489, 4494; *Bachia dorbignyi* CBF 4283, 4337-38; *Boa constrictor* CBF 4293; *Bothrocophias andianus* CBF 4270; *Bothrops atrox* CBF 4346; *Caiman yacare* CBF 4354; *Cercosaura argulus* CBF 4328-29; *Cercosaura bassleri* CBF 4557; *Cercosaura eigenmanni* CBF 4248, 4508; *Cercosaura schreibersii* CBF 4244-45, 4250, 4274; *Chironius fuscus* CBF 4325, 4490, 4493, 4545; *Chironius whipala* CBF 4491; *Clelia Clelia* CBF 4295, 4553; *Copeoglossum nigropunctatum* CBF 429, 4473, 4565; *Corallus hortulana* CBF 4339, 4487, 4544; *Dipsas bucephala* CBF 4509; *Dipsas catesbyi* CBF 4294, 4546; *Dipsas* sp. CBF 4574; *Drepanoides anomalus* CBF 4562; *Drymarchon corais* CBF 4277, 4543; *Drymoluber dichrous* CBF 4342,

4344, 4466; *Epicrates cenchria* CBF 4471; *Epictia albipuncta* CBF 4507, 4575; *Erythrolamprus aesculapii* CBF 4289; *Erythrolamprus miliaris* CBF 4488; *Erythrolamprus typhlus* CBF 4326; *Gonatodes humeralis* CBF 4332, 4548; *Helicops polylepis* CBF 4463, 4476; *Imantodes cenchoa* CBF 4333, 4464, 4568; *Imantodes lentiferus* CBF 4330; *Kentropyx pelviceps* CBF 4327, 4566-67; *Kentropyx* sp. CBF 4549-52; *Leptodeira annulata* CBF 4334-35, 4547; *Mastigodryas boddaerti* CBF 4280; *Micrurus bolivianus* CBF 4251; *Micrurus lemniscatus* CBF 4470, 4563; *Micrurus obscurus* CBF 4279, 4331, 4468; *Micrurus surinamensis* CBF 4475; *Oxybelis inkaterra* CBF 4275; *Oxyrhopus melanogenys* CBF 4341; *Oxyrhopus petolarii* CBF 4492; *Paleosuchus trigonatus* CBF 4469; *Phrynosoma geoffroianus* CBF 4467; *Plica umbra* CBF 4324, 4343, 4539-40; *Pseudablabes patagoniensis* CBF 4271-72; *Pseudoboa coronata* CBF 4345; *Siphophis compressus* CBF 4347; *Spilotes sulphureus* CBF 4340; *Stenocercus caducus* CBF 4273, 4281-82, 4291, 4554-56; *Stenocercus roseiventris* CBF 4243, 4249-47, 4249, 4576; *Stenocercus* sp. CBF 4577; *Thecadactylus solimoensis* CBF 4336, 4564; *Tropidurus melanopleurus* CBF 4465.

FIRST RECORD OF UNILATERAL ANOPHTHALMIA IN *ANAXYRUS BOREAS HALOPHILUS* (BAIRD AND GIRARD, 1852) (ANURA: BUFONIDAE) IN ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MEXICO

PRIMER REGISTRO DE ANOFTALMIA UNILATERAL EN *ANAXYRUS BOREAS HALOPHILUS* (BAIRD Y GIRARD, 1852) (ANURA: BUFONIDAE) EN ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Leonardo Ponce-Rosales^{1,4*}, Perla Jazbeth Chuc-Martínez², Gabriel Suárez-Varón^{1,2,3}, & Oswaldo Hernández-Gallegos¹

¹Laboratorio de Herpetología, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario #100 Centro, 50000 Toluca, Estado de México, México.

²Laboratorio de Herpetología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, C.P. 66450 Nuevo León, México.

³Laboratorio de Morfofisiología de la Reproducción, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario #100 Centro, 50000 Toluca, Estado de México, México.

⁴Red de Investigación y Divulgación de Anfibios y Reptiles MX, Guadalupe Victoria #33, Ozumba de Alzate, 56800 Estado de México, México.

*Correspondence: lpnce.biocienciasb@gmail.com

Received: 2024-10-20. Accepted: 2025-02-27. Published: 2025-06-02.

Editor: Ernesto Raya García, México.

Resumen.— Se registra por primera vez un caso de anoftalmia unilateral en *Anaxyrus boreas halophilus*. Este registro contribuye al conocimiento de esta anomalía en anfibios mexicanos.

Keywords.— Anoftalmia, anomalía del desarrollo, malformación ocular, visión lateral, anuros.

Abstract.— A case of unilateral anophthalmia is reported for the first time in *Anaxyrus boreas halophilus*. This record contributes to the knowledge of this anomaly in Mexican amphibians.

Palabras clave.— Anophthalmia, anurans, developmental anomaly, lateral vision, ocular malformation.

Anophthalmia is characterized by the absence of ocular tissue in the orbit (Verma & FitzPatrick, 2007). Due to the lack of ocular tissue, this anomaly results in a hollow depression covered by skin, with no trace of a supraocular protuberance or eyelid (Ganesh & Arumugam, 2015; Henle et al., 2017; Morales-Flores et al., 2021). This condition significantly impacts survival, as vision is essential for spatial perception, orientation, depth perception, barrier and surface discrimination, predator detection, and both prey localization and selection (Ingle, 1976; Ramalho et al., 2017).

Visual capability is considered essential and varies among species, genera, or families of amphibians depending on their habits (Boss & Plummer, 2022). This variation depends on several factors, including “visual lateralization”, which in

amphibians refers to the specialization of the right and left brain hemispheres in controlling different behavioral responses or processing sensory information differently. For example, the left eye/right hemisphere is more sensitive to threatening stimuli, social cues, and the identification of novel prey. Meanwhile, the right eye/left hemisphere focuses more on familiar prey or stimuli in non-threatening environments (Robins, 2005).

Visual communication, combined with other types of communication such as auditory, chemical, or tactile, facilitates the transmission of crucial information between individuals (Rösel de Lourenço et al., 2020; Augusto-Alves & Toledo, 2021). Furthermore, this type of communication influences individuals' ability to survive and perform various activities, such as courtship

and reproduction or during escape mechanisms through the recognition of objects, predators, or barriers in low ambient light conditions (Staub et al., 2020; Ancillotto et al., 2022).

On July 28, 2024, at 8:12, during a hiking at the shores of Laguna Hanson (32.046° N, 115.910° W, 1,620 m a.s.l.), located within the Protected Natural Area of the Parque Nacional Constitución de 1857 (PNC-1857), in Ensenada, Baja California, Mexico. We observed approximately twenty organisms of *Anaxyrus boreas halophilus* along the lagoons' edges (none of which exhibited visible anomalies). Upon noticing our presence, the organisms fled; however, one individual did not escape. The individual was a juvenile *A. boreas halophilus* (31.19 mm snout-vent length) (Fig. 1a) with an absence of supraocular protuberance and eyelid, showing only a small remnant where the right eye should be (Fig. 1b). The individual was photographed in situ with a reference scale and its SVL was estimated in the image J software. Given that no additional injuries were observed, it is plausible to attribute the absence of the eye to anophthalmia rather than to a predation attempt.

We identified the organism because *A. boreas halophilus* is less blotched (reduced dorsal melanin) than *A. boreas boreas*, has a wider head and larger eyes, smaller feet, and a weaker development of the margins along the dorsal stripe. Juveniles are patterned like the adults, but may have red warts dorsally, and they lack the white mid-dorsal stripe. They also have bright yellow or orange flecks on the bottoms of their feet and body (Dodd, 2023).

Different factors may cause this anophthalmia, including ultraviolet radiation (Blaustein & Johnson, 2003; Ankley et al., 2004; Castro-Torreblanca & Blancas, 2021), parasites (Johnson et al., 2002; Johnson & Lunde, 2005; Rajakaruna et al., 2008; Castro-Torreblanca & Blancas, 2021), inbreeding caused by founder effects (Williams et al., 2008; Toledo & Ribeiro, 2009; Castro-Torreblanca & Blancas, 2021), environmental contaminants such as metals and petroleum hydrocarbons (Bacon et al., 2013; Castro-Torreblanca & Blancas, 2021; Swastik et al., 2024) and pesticides (Hayes, 2005; Robles-Mendoza et al., 2009; Castro-Torreblanca & Blancas, 2021). However, these causes may induce this anomaly independently or in combination.

The vegetation surrounding Laguna Hanson consists of mountain pine forest (*Pinus jeffreyi*) with elements of mountain chaparral vegetation (*Adenostoma sparsifolium*) and grasslands, which is the dominant plant community in the lagoon's floodplain (Delgadillo, 1998). Traditionally, the area around Laguna Hanson has been used for extensive cattle ranching by ranchers living in nearby regions of PNC-1857. When water levels in the lagoon drop, these areas become ideal for cattle grazing, which may lead to pesticide or insecticide residues reaching the lagoon, potentially using cattle as a transport medium (Delgadillo, 1998). The area is also a site for uncontrolled recreational activities, and urban solid waste is commonly found around the lagoon.

Due to the fact that anurans have visual lateralization and do not have perceptual systems reflected in both cerebral hemispheres, we can hypothesize that the absence of the right eye

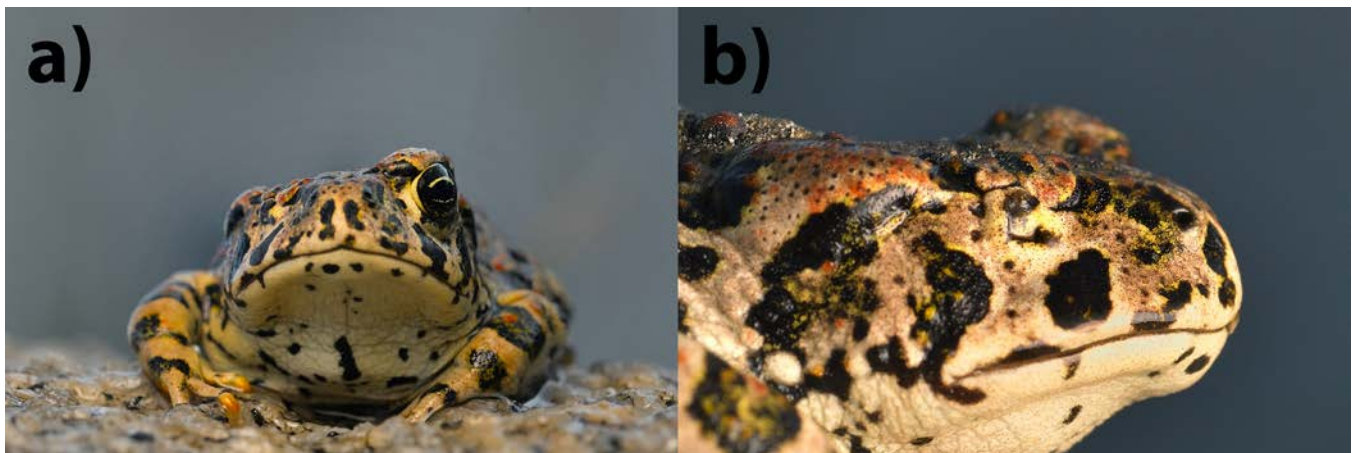


Figura 1. Vista frontal (a) y lateral (b) de individuo juvenil de *Anaxyrus boreas halophilus* con anoftalmia unilateral en el ojo derecho, registrado en el Parque Nacional Constitución de 1857, Ensenada, Baja California, México. Foto: Leonardo Ponce Rosales.

Figure 1. Frontal (a) and lateral (b) view of a juvenile individual of *Anaxyrus boreas halophilus* with unilateral anophthalmia in the right eye, recorded in Parque Nacional Constitución de 1857, Ensenada, Baja California, Mexico. Photo: Leonardo Ponce Rosales.

affects the detection of prey and the recognition of a threatening environment (Robins, 2005), which could explain why the frog did not notice our presence when we approached from its right side. However, it is important to mention that studies on the laterality of visual processing in anurans show that the degree of lateralization is modifiable with experience (Robins, 2005). This could explain why the organism we found has survived, because its visual processing has been modified, allowing it to attend to all stimuli and process them as an organism with both eyes. However, the cost of not having one eye may end up having repercussions on the efficiency of reception and processing of stimuli, or simply the organism may not be able to process some stimuli.

The current record of anophthalmia in *A. boreas halophilus* contributes to the understanding of this anomaly in Mexican amphibians and represents the first reported case in this species. Further studies on visual lateralization, as well as the prevalence and causes of this anomaly at the population level, are needed to gain a better understanding of anophthalmia in *A. boreas halophilus* and other amphibian populations.

Acknowledgements.— The supports of post-doctoral fellowship Secihti (693584) to GSV.

LITERATURE CITED

- Ancillotto, L., L. Vignoli, M.C. Paoletti, A. Romano & G. Bruni. 2022. Sexual dichromatism and throat display in spectacled salamanders: a role in visual communication? *Journal of Zoology* 318:75-83.
- Ankley, G.T., S.J. Degitz, S.A. Diamond & J.E. Tietge. 2004. Assessment of environmental stressors potentially responsible for malformations in North American anuran amphibians. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 58:7-16.
- Augusto-Alves, G. & L.F. Toledo. 2021. Communication across multiple sensory modes: quantifying the rich behavioral repertoire of a Neotropical torrent frog. *Behaviour* 159:351-375.
- 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* 320:218-237.
- Blaustein, A.R. & P.T.J. Johnson. 2003. The complexity of deformed amphibians. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1:87-94.
- Boiss, C. & C.E. Plummer. 2022. Ophthalmology of Amphibia: caecilian, salamander, frogs, toads, and relatives. Pp. 121-141. In Montiani-Ferreira, F., B.A. Moore & G. Ben-Shlomo (Eds.), *Wild and Exotic Animal Ophthalmology*. Springer, Cham, Suiza.
- 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.
- Delgadillo, J. 1998. *Florística y Ecología del Norte de Baja California*. Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, Baja California, México.
- Dodd Jr., C. 2023. *Frogs of the United States and Canada*, 2nd Edition. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, USA.
- 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.
- Hayes, T.B. 2005. Welcome to the revolution: integrative biology and assessing the impact of endocrine disruptors on environmental and public health. *Integrative and Comparative Biology* 45:321-329.
- Henle, K., A. Dubois & V. Vershinin. 2017. A review of anomalies in natural populations of amphibians and their potential causes. *Mertensiella* 25:57-164.
- Ingle, D. 1976. Spatial vision in anurans. Pp. 119-140. In K. V. Fite (Ed.), *The Amphibian Visual System: a Multidisciplinary Approach*. Academic Press, New York, USA.
- Johnson, P.T.J. & K.B. Lunde. 2005. Parasite infection and limb malformations: a growing problem in amphibian conservation. Pp. 124-138. In Lannoo, M.J. (Ed.), *Amphibian Declines: the Conservation Status of United States Species*. University of California Press, Berkeley, California, USA.
- Johnson, P.T.J., K.B. Lunde, E.M. Thurman, E.G. Ritchie, S.N. Wray, D.R. Sutherland, J.M. Kapfer, T.J. Frest, J. Bowerman & A.R. Blaustein. 2002. Parasite (*Ribeiroia ondatrae*) infection linked to amphibian malformations in the western United States. *Ecological Monographs* 72:151-168.
- Morales-Flores, R.A., K. Muñoz-Arosemena, R.X. Pérez & J.L. Medina-Madrid. 2021. Primer reporte de anoftalmia *Isthmohyla*



- graceae* (Myers & Duellman, 1982) (Anura: Hylidae) en la Serranía de Tabasará, Comarca Ngäbe-Buglé, Panamá. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 4:165-172.
- Rajakaruna, R.S., M.J.R. Piyatissa, U.A. Jayawardena, A.N. Navaratne & P.H. Amerasinghe. 2008. Trematode infection induced malformations in the common hourglass treefrogs. *Journal of Zoology* 275:89-95.
- Ramalho, W., F. Maffei, B.V. Guerra, D. Silva, L.R. Matos & L. Vieira. 2017. Anophthalmia in adults of two Amazonian treefrogs (Anura: Hylidae). *Herpetological Bulletin* 139:43-44.
- Robins, A. 2005. Lateralized visual processing in anurans: new vistas through ancient eyes. *BioScience* 1:462-473.
- Robles-Mendoza, C., C. García-Basilio, S. Cram-Heydrich, M. Hernández-Quiroz & C. Vanegas-Pérez. 2009. Organophosphorus pesticides effect on early stages of the axolotl *Ambystoma mexicanum* (Amphibia: Caudata). *Chemosphere* 74:703-710.
- Rösel de Lourenço, A., C.F.B. Haddad & F.P. de Sá. 2020. Multimodal signaling in *Boana albopunctata* (Anura: Hylidae): reading visual and acoustic cues. *Phyllomedusa* 19:201-216.
- Staub, N.L., A.B. Stiller & K.M. Kiemnec-Tyburczy. 2020. A new perspective on female-to-male communication in salamander courtship. *Integrative and Comparative Biology* 60:722-731.
- Swastik P., K. Sandeep, S. Abdus, S. Megha, S. Abhishek, K. Jyotsna & S. Robin. 2024. Anophthalmia in two microhylid frogs, *Microhyla nilphamariensis* (Howlader et al., 2015) and *Uperodon systoma* (Schneider, 1799), in Delhi, India. *Herpetology Notes* 17:477-481.
- 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.
- Verma, A.S. & D.R. FitzPatrick. 2007. Anophthalmia and microphthalmia. *Orphanet Journal of Rare Diseases* 2:1-8.
- Williams, R.N., D.H. Bos, D. Gopurenko & J.A. DeWoody. 2008. Amphibian malformations and inbreeding. *Biology Letters* 4:549-552.



GEOGRAPHIC RANGE EXTENSION OF *ABRONIA MELEDONA* TO THE PACAYA VOLCANO, ESCUINTLA, GUATEMALA

EXTENSIÓN DE RANGO GEOGRÁFICO DE *ABRONIA MELEDONA* AL VOLCÁN DE PACAYA, ESCUINTLA, GUATEMALA

Elizabeth Aguilar¹, Silvia Anaité López¹ & Daniel Ariano-Sánchez^{2*}

¹Departamento de Conservación de Ecosistemas Forestales Estratégicos, Instituto Nacional de Bosques, Guatemala City, Guatemala.

²Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala City, Guatemala.

*Correspondence: dariano@uvg.edu.gt

Received: 2025-02-05. Accepted: 2025-04-01. Published: 2025-06-02.

Editor: Rogelio Cedeño Vázquez, México.

Abronia meledona is an arboreal lizard endemic to Guatemala which is considered as Endangered according to the IUCN red list categories (Ariano-Sánchez et al., 2013). An adult male of *A. meledona* Campbell & Brodie, 1999 was found at 11:00 h on 12 April, 2024 on the northern slope of the Pacaya volcano crater, within Parque Nacional Volcán de Pacaya y Laguna de Calderas (14.3918° N, 90.6040° W; WGS84; 2,252 m a.s.l.). This specimen was measured, photographed (Fig. 1a b; UVGF00094) and subsequently released back into the wild. It had a snout-vent length of 120 mm and a tail length of 170 mm. A second specimen, an adult female, was found on 22 May, 2024, at 15:15 h, approximately 550 m from the first individual (14.3960° N, 90.6016° W; WGS84; 2,163 m a.s.l.). The lizard was lying motionless on the leaf litter (Fig. 1c). It measured 114 mm in snout-vent length, with a tail length of 95 mm (the tip of the tail was regenerated). Upon examination, the specimen showed no visible external injuries but was panting and in a near-death state. A few hours later, it became unresponsive and died of unknown causes. This lizard has been deposited as a voucher specimen at Colecciones Biológicas at Universidad del Valle de Guatemala (UVGR008416), along with a photographic voucher (Fig. 1c, d; UVGF00095). The species' taxonomic identity was confirmed based on diagnostic scale characteristics measured on the preserved specimen, including the presence of 9–11 spinelike supra-auricular scales, black scales on the ventral side of the fingers, a parietal scale in contact with the last median supraocular, and a subocular scale not in contact with the inferior primary temporal scale following Campbell & Brodie (1999) and Sánchez-Herrera et al. (2017). Additionally, coloration patterns of the overall body, head and eyelids were used also for taxonomic determination following Sánchez-Herrera et al. (2017) and Köhler (2003).

Given that a heatwave affected southern Guatemala during May of 2024 and considering the panting behavior observed prior to death of the female specimen (UVGR008416), overheating may have contributed to the mortality, though the exact cause remains undetermined. Both individuals were found in a humid mixed forest dominated by *Cedrela pacayana*, *Ilex discolor*, *Litsea glaucescens*, *Nectandra membranacea*, *Leandra melanodesma*, *Quercus tristis*, and *Q. pacayana*. These records represent the first confirmed occurrence of *A. meledona* in the Escuintla Department and extend the known range 55 km southwest in a straight line from the nearest known localities based on voucher specimens (UTA-R31041–53) from Soledad Grande, Municipality of Jalapa, Jalapa Department (Campbell & Brodie, 1999), and a record from 32 km southwest in a straight line from Las Nubes, Municipality of San José Pinula, Guatemala reported by Acevedo (2023) (Fig. 2).

Unfortunately, the areas surrounding the collection sites are undergoing rapid deforestation and habitat degradation due to agricultural expansion and recurring forest fires. This highlights the urgent need to enhance forest protection and promote habitat restoration in and around Parque Nacional Volcán de Pacaya y Laguna de Calderas. The situation is further aggravated by the extreme isolation of this southernmost population of *A. meledona*, along with the persistent threats of volcanic eruptions and increasingly frequent heat waves intensified by climate change—factors that may heighten its risk of extinction. While volcanic activity remains beyond human control, establishing an ex-situ conservation program aimed at population reinforcement or future reintroduction may offer a viable path toward securing the species' long-term survival.

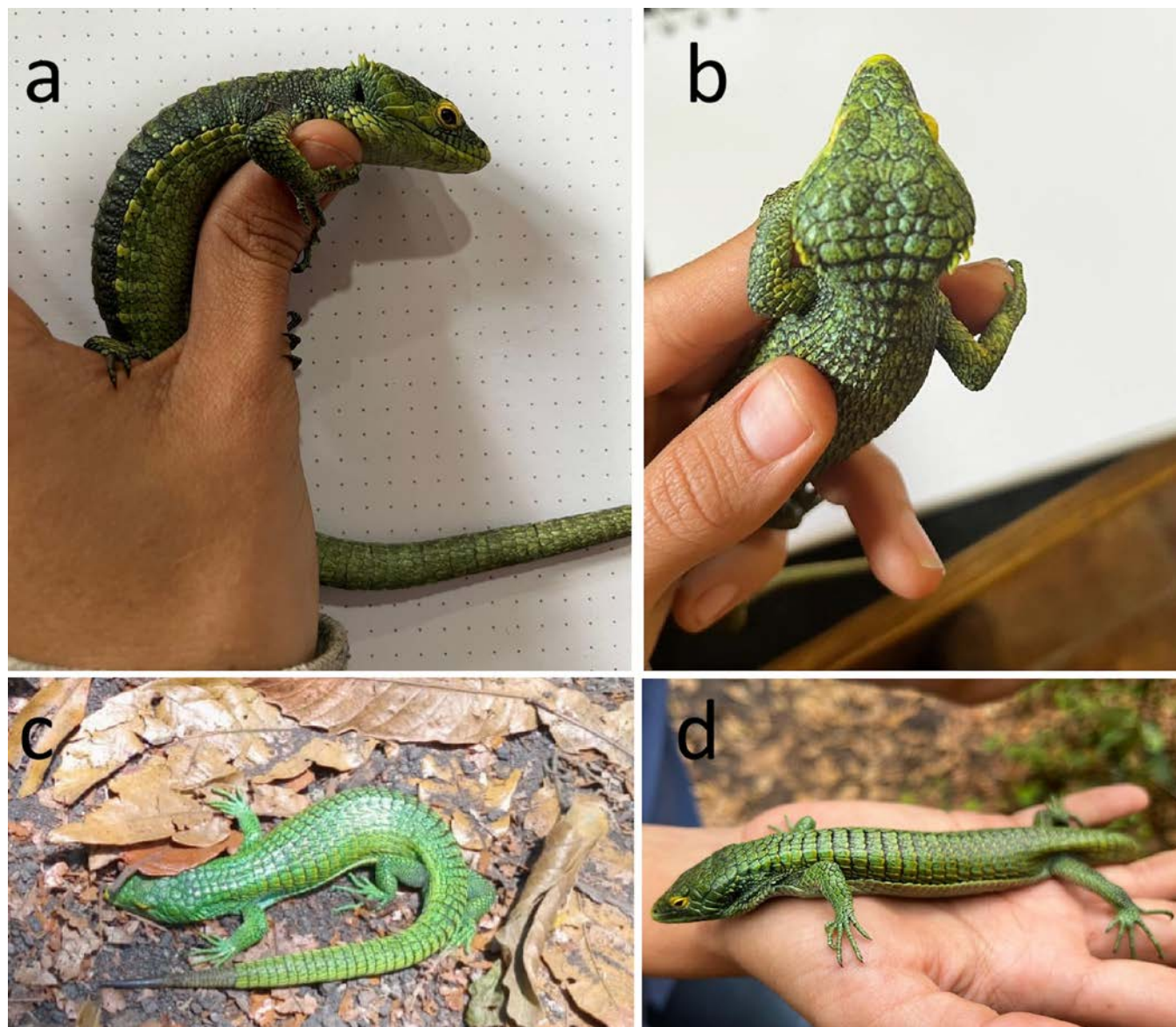


Figura 1. Vistas lateral (a) y cefálica (b) del macho adulto de *Abronia meledona* UVGF00094. Vistas dorsal (c) y lateral (d) in situ de la hembra adulta de *A. meledona* en estado agonizante UVGR008416. Ambas lagartijas fueron registradas en la ladera norte del cráter del volcán Pacaya, dentro del Parque Nacional Volcán de Pacaya y Laguna de Calderas. Fotos: Elizabeth Aguilar.

Figure 1. Lateral (a) and cephalic (b) views of the adult male *Abronia meledona* UVGF00094. In situ dorsal (c) and lateral (d) views of the adult female *A. meledona* in near-death state UVGR008416. Both lizards were recorded at the northern slope of the crater of the Pacaya volcano, within Parque Nacional Volcán de Pacaya y Laguna de Calderas. Photos: Elizabeth Aguilar.

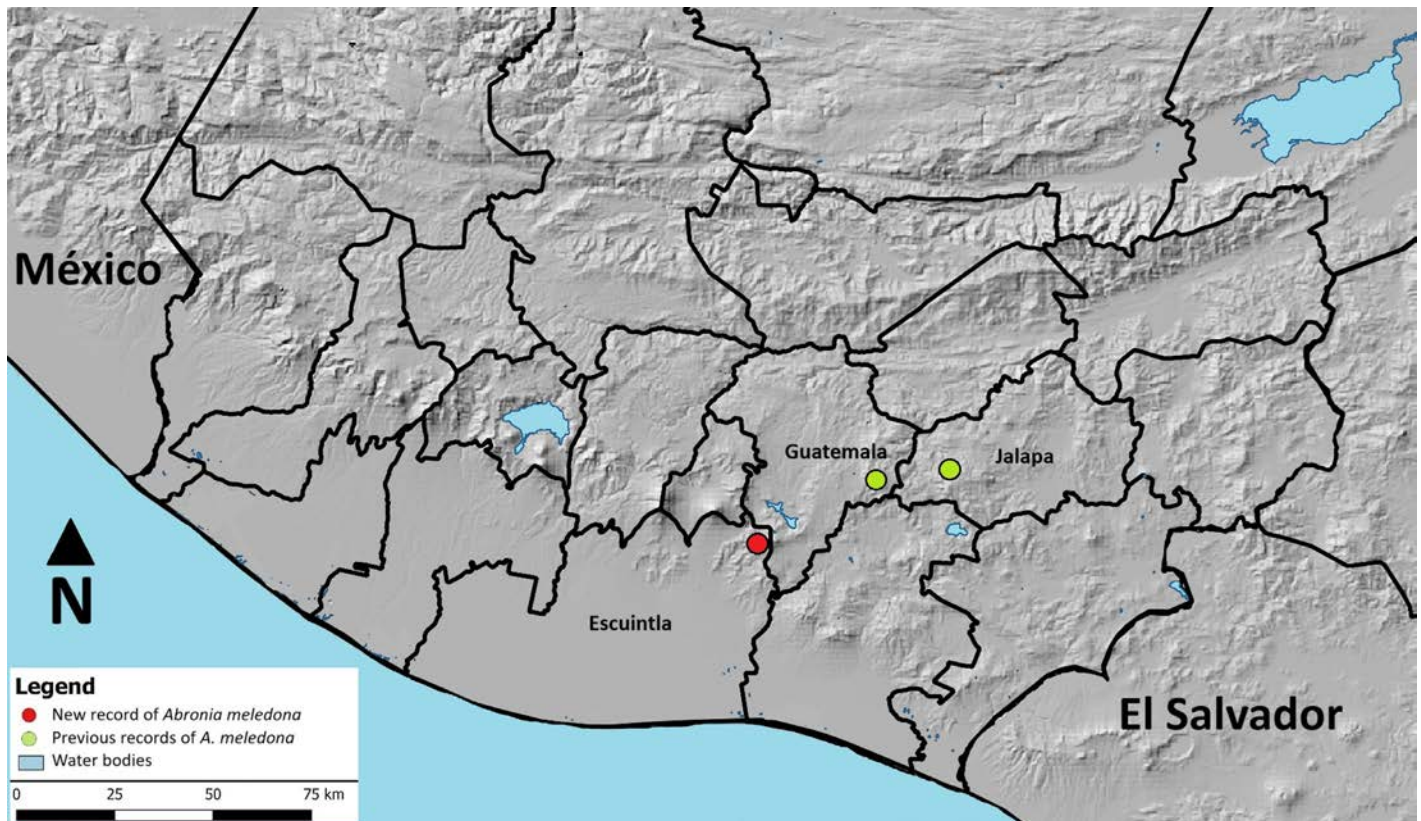


Figura 2. Distribución geográfica de *Abronia meledona*. Los puntos verdes corresponden a las localidades previamente conocidas. El punto rojo corresponde a nuestro nuevo registro en el Parque Nacional Volcán de Pacaya y Laguna de Calderas, Escuintla, Guatemala.

Figure 2. Geographic distribution of *Abronia meledona*. The green dots correspond to previously known localities. The red dot corresponds to our new record from Parque Nacional Volcán de Pacaya y Laguna de Calderas, Escuintla, Guatemala.

Acknowledgements. – Research was done under Research Permit # DVCB 16-2024 and Collection Permit # B 01615, both issued by Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) to Daniel Ariano-Sánchez and Universidad del Valle de Guatemala (UVG), respectively. The work carried out during this study followed the “Guidelines for use of live amphibians and reptiles in field and laboratory research” approved by the American Society of Ichthyologists & Herpetologists (Herpetological Animal Care and Use Committee 2004). We thank the forest rangers from Instituto Nacional de Bosques (INAB) for their help during the fieldwork where the specimens were discovered. Thanks to Departamento de Biología and Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad - UVG for laboratory supplies. Thanks to Juan José Aguilar from Colecciones Biológicas of the UVG for his help in registering the photographic and specimen vouchers. We also thank two anonymous reviewers and associate

editor for valuable comments and suggestions that improved the manuscript.

LITERATURE CITED

- Acevedo, M. 2023. Listado actualizado y comentado de la herpetofauna guatemalteca. Pp. 293-366. In: Schuster, J.C., J. Yoshimoto & J. Monzón-Sierra (Eds.), Biodiversidad de Guatemala Volumen III. Editorial Universitaria, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala.
- Ariano-Sánchez, D., M. Acevedo & J. Johnson. 2013. *Abronia meledona*. The IUCN Red List of Threatened Species. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-2.RLTS.T203017A2758604.en>. [Consulted in March 2025]

- Campbell, J.A. & E.D. Brodie. 1999. A new species of *Abronia* (Squamata: Anguidae) from the southeastern highlands of Guatemala. *Herpetologica* 55:161-174.
- Köhler, G. 2003. Reptiles of Central America. Herpeton, Verlag Elke Köhler, Offenbach, Germany.
- Sánchez-Herrera, O., I. Solano-Zavaleta & E. Rivera-Téllez. 2017. Guía de identificación de los Dragoncitos (lagartijas arborícolas, *Abronia* spp.) regulados por la CITES. CONABIO. México.
- Universidad del Valle de Guatemala. 2025. Colecciones Biológicas – Reptiles – *Abronia meledona* occurrence download. <https://www.gbif.org/occurrence/4975927302> , [Consulted in February 2025]



PREDATION OF THE RED-EYED TREEFROG *AGALYCHNIS CALLIDRYAS* (ANURA: HYLIDAE) BY THE CENTRAL AMERICAN BULLFROG *LEPTODACTYLUS SAVAGEI* (ANURA: LEPTODACTYLIDAE), COSTA RICA

DEPREDAÇÃO DE LA RANITA ARBORÍCOLA DE OJOS ROJOS *AGALYCHNIS CALLIDRYAS* (ANURA: HYLIDAE) POR LA RANA TORO CENTROAMERICANA *LEPTODACTYLUS SAVAGEI* (ANURA: LEPTODACTYLIDAE), COSTA RICA

Sergio Villegas^{1*} & Charlyn Elizondo Montano²

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

²Reserva Biológica Tirimbina, Puerto Viejo de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica, 777-1000 San José, Costa Rica.

*Correspondence: sergio.eco102@gmail.com

Received: 2024-11-22. Accepted: : 2025-02-19. Published: 2025-06-02.

Editor: Jorge E. Morales Mavil, México.

Resumen.— Reportamos el primer evento de depredación de la Ranita Arborícola de Ojos Rojos *Agalychnis callidryas* por la Rana Toro Centroamericana *Leptodactylus savagei* en Costa Rica. Aunque ambas especies habitan ambientes similares, el uso del hábitat y los microambientes difieren, y también hay segregación espacial. Por lo tanto, este podría ser un evento oportunista y posiblemente relacionado con la temporada reproductiva de *A. callidryas*. Esta nota aporta al conocimiento de la depredación, la dieta y las interacciones de ambas especies.

Palabras clave.— Anfibio, comportamiento, depredador, dieta, ecología

Abstract.— We report the first event of predation of the Red-eyed Treefrog *Agalychnis callidryas* by the Central American Bullfrog *Leptodactylus savagei* in Costa Rica. Although both species inhabit similar environments, the habitat use and microenvironments differ, and there is also spatial segregation. Therefore, this could be an opportunistic event and possibly related to the breeding season of *A. callidryas*. This note adds to the knowledge of the predation, diet and interactions of both species.

Keywords.— Amphibian, behavior, diet, ecology, predator.

The Red-eyed Treefrog *Agalychnis callidryas* (Cope, 1862) is a nocturnal and arboreal species that inhabits lowland and foothills moist and rainy forests (including forests with an undisturbed canopy, mangroves and altered habitats), from northeastern Honduras and eastern Nicaragua to eastern Panama and northern Colombia, from near sea level to 1,325 m.a.s.l. (Leenders, 2001, 2016; Savage, 2002; Frost, 2024). These frogs are preyed on by a wide range of predators, according to the development stage. Eggs are consumed by the insects *Cophipora brevirostris*, *Hirtodrosophila batracida* and *Polybia rejecta* (Warkentin 1995, 2000; Warkentin et al., 2001; Walter-Conrado et al., 2023), the snakes *Imantodes inornatus* and *Leptodeira septentrionalis* (Warkentin 1995; Savage, 2002), and monkeys (Warkentin 2000). Tadpoles may be eaten by the shrimp *Macrobrachium americanum* (Warkentin 1995), the insect *Belostoma* sp. (Vonesh & Warkentin, 2006) and the fish *Brachyraphis rhabdophora* (Warkentin 1995).

Newly metamorphosed froglets may be hunted by the spider *Thaumasia* sp. (Vonesh & Warkentin, 2006). While juveniles and adults are preyed on by the snake *L. septentrionalis* (Warkentin 1995; Henderson, 2010; Brown, 2020), birds (Leenders, 2001; Henderson, 2010) and the mammals *Trachops cirrhosus*, *Potos flavus* and *Nasua narica* (Leenders 2001; Henderson, 2010).

The Central American Bullfrog *Leptodactylus savagei* (Heyer, 2005) is a nocturnal and terrestrial species that occurs in lowland and foothill moist and rainy forests (including primary and secondary forests, forest edges, and deforested areas), from Honduras to northern Colombia, from near sea level to 1,200 m.a.s.l. (Savage, 2002; Heyer, 2005; Leenders, 2016). Its diet is wide and depends on the development stage. Larvae prey on the tadpoles and eggs of other species (e.g., *Rhinella marina*, *Smilisca phaeota*, *Engystomops pustulosus* and *Boana rosenbergi*) as well as

their own, although they can also be entirely herbivore (Vinton, 1951; Heyer, et al. 1975; Muedeking & Heyer, 1976; Savage, 2002; Leenders, 2016). Adults prey on invertebrates such as insects, crustaceans, chilopods, diplopods, arachnids, and gastropods (Barquero Rodríguez, 1994; Leenders 2001, 2016), dendrobatids, and *Leptodactylus* sp., *E. pustulosus* (Barquero Rodríguez, 1994; Leenders 2001, 2016), snakes and lizards (Savage, 2002; Leenders 2001, 2016), birds and the rat *Mus* sp. and bats (Barquero Rodríguez, 1994; Savage, 2002; Leenders, 2016). Here, we document the first event of predation of *A. callidryas* by *L. savagei* in Costa Rica.

On 22 October 2024 at 20:26 h, at Tirimbina Biological Reserve, La Virgen, Sarapiquí, Heredia, Costa Rica (10.412° N, 84.121° W; 170 m.a.s.l.), the second author observed an adult *L. savagei*, preying on an adult *A. callidryas*, in the Theobroma Trail. She was walking on the trail when she heard a sound in the water. At that moment, she shone the spotlight and noticed that the bullfrog was swallowing a red-eyed treefrog (only the legs were visible). Eventually, the bullfrog swallowed the frog whole. The entire event lasted at least 5 minutes (Fig. 1).



Figura 1. *Leptodactylus savagei* depredando a *Agalychnis callidryas*, Reserva Biológica Tirimbina, Costa Rica, 22 de octubre, 2024. Foto: Charlyn Elizondo Montano.

Figure 1. *Leptodactylus savagei* preying on *Agalychnis callidryas*, Tirimbina Biological Reserve, Costa Rica, October 22, 2024. Photo: Charlyn Elizondo Montano.

Adult Red-eyed Treefrogs are preyed upon by various animals, including reptiles, birds and mammals (Warkentin, 1995; Leenders, 2001; Henderson, 2010; Brown, 2020). To avoid being preyed upon, they, like other phyllomedusines, have developed several antipredator strategies, such as toxic secretions, aposematic coloration, and contracting defensive behavior (Davis et al., 2016). In contrast, bullfrogs are opportunistic and voracious predators, hunting anything small enough to eat, even poisonous frogs (Leenders, 2001; Savage, 2002; Leenders, 2016). Since the entire predation event was not recorded, it is impossible to determine the predation strategy used by the bullfrog. However, this could have been an opportunistic event in which the bullfrog took advantage of the situation to prey upon the red-eyed tree frog, which could not effectively use its antipredator strategies. To our knowledge, this is the first reported instance of *A. callidryas* being preyed upon by another amphibian, *L. savagei*.

Predatory interactions are more likely when predators and prey inhabit similar environments and exhibit comparable behaviors (Villegas, 2020; Villegas-Retana & Fernández Sánchez, 2024). This seems logical, given that both species are nocturnal, inhabit lowland and foothill rainforests, and are found at similar altitudes in Costa Rica (Leenders, 2001, 2016; Savage, 2002). However, the habitat use and microenvironments differ, and there is also spatial segregation. Therefore, we hypothesize that this encounter was an opportunistic event, and it is possible that it is related to the breeding season of *A. callidryas* (June to November), when pairs descend to the margins of ponds and remain there for several minutes (Savage, 2002; Leenders, 2016). Thus, the bullfrog could take advantage of this.

Studying predation is a key step to understand the ecology, ethology, and natural history of the species (Curio, 2012; Villegas-Retana & Picado-Masís, 2021; Villegas-Retana & Fernández Sánchez, 2024). This note adds to the knowledge of the predation, diet and interactions of *A. callidryas* and *L. savagei*.

Acknowledgements.— We thank the two anonymous reviewers for recommendations that improved the manuscript.

LITERATURE CITED

- Barquero Rodríguez, M. 1994. Hábitos alimenticios de *Leptodactylus pentadactylus* (Laurenti, 1768) en Golfito, Costa Rica. *Brenesia* 41:42:95-97.
- Brown, T.W. 2020. The Northern cat-eyed snake *Leptodeira septentrionalis* (Squamata; Colubridae): hunting and feeding strategy on red-eyed tree frog *Agalychnis callidryas* (Anura: Hylidae) in Belize. *Captive & Field Herpetology* 4:1-3.
- Curio, E. 2012. *The Ethology of Predation*. Springer Science & Business Media, New York, New York, USA.
- Davis, L.R., K. Klonoski, H.L. Rutschow, K.J. Van Wijk, Q. Sun, M.M. Haribal, R.A. Saporito, A. Vega, E.B. Rosenblum, K.R. Zamudio & J.M. Robertson. 2016. Host defense skin peptides vary with color pattern in the highly polymorphic red-eyed treefrog. *Frontiers in Ecology and Evolution* 4:1-15.
- Frost, D.R. 2024. *Amphibian Species of the World: an online reference*. Version 6.2. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php> [Accessed in December 2024]
- Henderson, C.L. 2010. *Mammals, Amphibians, and Reptiles of Costa Rica a field guide*. University of Texas Press, Austin, Texas, USA.
- 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 Sao Paulo* 37:269-348.
- Heyer, W.R., R.W. McDiarmid & D.L. Weigmann. 1975. Tadpoles, predation and pond habitats in the tropics. *Biotropica* 7:100-111.
- Leenders, T. 2001. *A Guide to Amphibians and Reptiles of Costa Rica*. Zona Tropical, Miami, Florida, USA.
- Leenders, T. 2016. *Amphibians of Costa Rica: a Field Guide*. Cornell University Press, Ithaca and London, New York, USA.
- Muedeking, M.H. & W.R. Heyer. 1976. Descriptions of eggs and reproductive patterns of *Leptodactylus pentadactylus* (Amphibia: Leptodactylidae). *Herpetologica* 32:137-139.
- 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, Chicago, USA.
- Villegas, S. 2020. First record of a Semiplumbeous Hawk (*Leucopternis semiplumbeus*) preying on a Redthroated Ant-Tanager (*Habia fuscicauda*) in Tirimbina Biological Reserve, Costa Rica. *El Hornero* 35:127-150.
- Villegas-Retana, S. & J. Picado-Masís. 2021. Predation of *Gecarcinus quadratus* (Decapoda Gecarcinidae) by *Aramides cajaneus* (Gruiformes: Rallidae) in Costa Rica. *Revista Ciencias Marinas y Costeras* 13:23-28.



- Villegas-Retana, S. & L. Fernández Sánchez. 2024. Predation of the Green Iguana *Iguana rhinolopha* (Squamata: Iguanidae) by the Rufous Motmot *Baryphthengus martii* (Coraciiformes: Momotidae), Costa Rica. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 7:30-34.
- Vinton, K.W. 1951. Observations on the life history of *Leptodactylus pentadactylus*. *Herpetologica* 7:73-75.
- Vonesh, J.R. & K.M. Warkentin. 2006. Opposite shifts in size at metamorphosis in response to larval and metamorph predators. *Ecology* 87:556-562.
- Walter-Conrado, M., A. Sosa-Bartuano, N. Melo & A. Lanuza-Garay. 2023. Registros de depredación de reptiles y anfibios por artrópodos en el Área Recreativa Lago Gatún, Colón, Panamá. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:35-42.
- Warkentin, K.M., C.R. Currie & S.A. Rehner. 2001. Egg killing fungus induces early hatching of red eyed treefrog eggs. *Ecology* 82:2860-2869.
- Warkentin, K.M. 1995. Adaptive plasticity in hatching age: a response to predation risk trade-offs. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 92:3507-3510.
- Warkentin, K.M. 2000. Wasp predation and wasp-induced hatching of red-eyed treefrog eggs. *Animal Behaviour* 60:503-510.



ESFUERZO REPRODUCTIVO Y CARACTERÍSTICAS DE NEONATOS DE *METLAPILCOATLUS OLMEC* EN CAUTIVERIO (SERPENTES: VIPERIDAE)

REPRODUCTIVE EFFORT AND TRAITS OF NEONATES OF *METLAPILCOATLUS OLMEC* IN CAPTIVITY (SERPENTES: VIPERIDAE)

Héctor A. Vargas-Ramírez^{1*}, Carlos Alán Moreira-Campos¹, David Lazcano¹, Marcos Martínez-Duarte¹ & Diego M. Arenas-Moreno²

¹Laboratorio de Herpetología, Departamento de Zoología de Vertebrados, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. C.P. 66450, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

²Laboratorio Integral de Vida Silvestre, Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero, Av. Lázaro Cárdenas s/n. Ciudad Universitaria Sur, 39086, Chilpancingo de los Bravo, Guerrero.

*Correspondence: alhrmz@outlook.es

Received: 2024-10-25. Accepted: 2025-02-05. Published: 2025-06-03.

Editor: Oswaldo Hernández Gallegos, México.

Abstract.— The energy that lizards and snakes invest in reproduction can vary according to their life history strategies and may be reflected in the variation of the number of offspring born, their dimensions, and changes in the weight of reproductive females. We determined the reproductive effort of a female *Metlapilcoatlus olmec*, which gave birth to a total of 12 offspring, resulting in a 27.59 % loss of her body mass and a relative clutch mass (RCM) of 0.38. The offspring exhibited smaller body measurements compared to previous reports for this species.

Keywords.— Length, litter, offspring, reproduction, snakes, weight.

Resumen.— La energía que lacertilios y serpientes invierten en la reproducción puede variar de acuerdo con sus estrategias de historia de vida y puede verse reflejada en la variación del número de crías nacidas, las dimensiones de éstas y los cambios en el peso de las hembras en estado reproductivo. Determinamos el esfuerzo reproductivo de una hembra de *Metlapilcoatlus olmec*, la cual parió a un total de 12 crías, lo que significó una pérdida del 27.59 % de su masa corporal, y una masa relativa de camada (MRC) de 0.38. Las crías presentaron medidas corporales menores en comparación con registros previos de esta misma especie.

Palabras clave.— Camada, crías, longitud, peso, reproducción, serpientes.

En los reptiles escamados la asignación e inversión de los recursos es fundamental para aumentar su adecuación, en especial en lo referente a actividades primordiales como la reproducción (Shine & Schwarzkopf, 1992). No obstante, esta asignación de recursos puede estar limitada y es necesario llegar a un equilibrio entre la inversión de los recursos dedicados a la supervivencia y crecimiento, al igual que los destinados al esfuerzo reproductivo (Shine & Schwarzkopf, 1992; Muñoz-Nolasco et al., 2023). Para poder determinar el esfuerzo reproductivo en reptiles escamados se ha utilizado una medida conocida como masa relativa de nidada (MRN) en especies

ovíparas, o masa relativa de camada (MRC), en especies vivíparas. Esta medida es interpretada como la asignación de energía en proporción de la biomasa de crías producidas (Bastiaans et al., 2013). Usualmente, el esfuerzo reproductivo tiende a ser mayor en las especies vivíparas debido a un mayor esfuerzo fisiológico y a tiempos de gestación más prolongados (Sinervo et al., 2010; Dupoué et al., 2014).

La Mano de Piedra, *M. olmec* (antes *Atropoides olmec*), es un vipérido de tamaño medio de aproximadamente 700 mm de longitud total, con un cuerpo corto y robusto, mostrando un

tono de color rojizo en el fondo, en algunos ejemplares puede ser de color blancuzco-crema en su época de reproducción (Pérez-Higareda, 2007). *Metlapilcoatlus olmec*, se distribuye en México, dentro de un intervalo altitudinal entre los 800 a 1,500 m s.n.m. en la Sierra de Los Tuxtlas en el sur de Veracruz, sureste de Oaxaca, y oeste de Chiapas, además, fuera del territorio nacional, se distribuye en Guatemala (Castoe et al., 2003; Cabrera-Guzmán et al., 2011). Existen pocos datos sobre la reproducción de esta especie, sin embargo, se ha documentado información sobre el tamaño de hembras, sus crías y fechas de alumbramiento en el volcán Santa Marta, Catemaco, Veracruz,

México (Cabrera-Guzmán et al., 2011; Pérez-Higareda et al., 2007). En este trabajo documentamos el esfuerzo reproductivo y algunas características de las crías de una víbora vivípara, *M. olmec*, en condiciones de cautiverio.

Recibimos un ejemplar adulto de *M. olmec* en condición de gravidez (LHC = 564 mm, masa = 237.1 g) el día 13 de septiembre de 2021 a partir de una colecta científica por parte del Laboratorio de Herpetología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León (con autorización por parte de SEMARNAT al número de oficio SGPA/DGVS/05273/21)



Figure 1. Gravid female of *Metlapilcoatlus olmec*. Photo: David Lazcano. / **Figura 1.** Hembra grávida de *Metlapilcoatlus olmec*. Foto: David Lazcano.

(Fig. 1). Alojamos a la hembra dentro de un terrario de vidrio (26x31x57 cm) con corteza de pino y una fuente de calor que consistía en una bombilla de tungsteno comercial de 100 watts. Para mantener la humedad rociamos el terrario durante la jornada matutina (09:00 – 11:30 h) cada dos días. Tomamos las medidas de masa inicial (g), longitud hocico-cloaca (mm) de la hembra grávida, así como su masa postparto (g). El día 15 de septiembre de 2021, alimentamos al ejemplar con un ratón de 15.45g.

La hembra parió el 20 de septiembre de 2021. De las crías tomamos su LHC (mm) y su masa (g). Mediante la suma de los pesos de cada cría obtuvimos la masa total de la camada (MTC). Debido al pequeño tamaño de las crías, evitamos sexarlas inmediatamente después del nacimiento. Sin embargo, éstas fueron separadas al nacer en diferentes encierros para su identificación. Por lo tanto, el sexado de los ejemplares se realizó

26 meses después del nacimiento (enero de 2024). El sexado se realizó con estiletes de 12 cm de longitud. Determinamos la MRC dividiendo la MTC entre la masa de la hembra posterior al parto (MPP) (Vitt & Price, 1982; Muñoz-Nolasco et al., 2023; Vargas-Ramírez et al., 2023). La camada fue de un total de 12 crías, la cuales medimos con un vernier digital control company (error = 0.03 mm). Al nacer, las crías alcanzaron una LHC promedio de 48.07 ± 1.87 mm, una LT promedio de 54.73 ± 1.53 mm, y un peso promedio de 5.45 ± 0.29 g (Tabla 1). Al determinar el esfuerzo reproductivo, obtuvimos una MRC = 0.38 y una masa postparto de 171.69g, lo que significó que, tras el evento reproductivo, ejemplar tuvo un porcentaje de masa perdida (%Mp) del 27.59 % de su peso, llevando a la hembra un porcentaje de masa final (%Mf) del 72.41 % de su masa original (Tabla 2).

El tamaño de camada que registramos es menor en comparación con otras camadas de *M. olmec* anteriormente

Table 1. Body measurements of the *Metlapilcoatlus olmec* litter at birth. Averages and standard deviations are shown at the end.

Tabla 1. Medidas corporales de la camada de *Metlapilcoatlus olmec* al nacer. Al final promedios y desviación estándar.

Cría	Sexo	Medidas corporales			
		Peso (g)	LHC (mm)	LC (mm)	TL (mm)
1	♀	5.47	48.1	6.2	54.3
2	♀	5.83	47.2	7.8	55
3	♀	5.55	48.7	6.8	55.5
4	♂	5.8	48.71	7.7	56.4
5	♂	5.57	48.6	6.6	55.2
6	♀	5.39	48.56	6.4	54.96
7	♀	4.81	43.91	6.3	50.21
8	♂	5.61	48.87	6.7	55.57
9	♀	5.63	48.89	6.6	55.49
10	♂	5.14	48.43	6.1	54.53
11	♂	5.12	48.26	6.2	54.46
12	♀	5.49	48.63	6.5	55.13
Promedio/Desv. est		$\bar{x} = 5.45 \pm 0.29$	$\bar{x} = 48.07 \pm 1.38$	$\bar{x} = 6.66 \pm 0.55$	$\bar{x} = 54.73 \pm 1.53$

Table 2. Reproductive effort of the captive *Metlapilcoatlus olmec* specimen. / **Tabla 2.** Esfuerzo reproductivo del ejemplar de *Metlapilcoatlus olmec* en cautiverio.

LHC (mm)	Mi(g)	MPP(g)	#C	MTC(g)	MRC(g)	%Mp	%Mf
564	237.1	171.69	12	65.41	0.38	27.59	72.41

observadas, Por ejemplo, Cabrera-Guzmán et al., (2011) registraron una camada de 15 crías con una LHC promedio de 168.6 mm, nacidas de una hembra con 580 mm de LHC y una LT de 645 mm, siendo más grande que nuestro ejemplar (LHC = 564 mm, LT = 621 mm). El tamaño corporal de las hembras en víperidos ha sido asociado con su capacidad reproductiva; por ejemplo, Rosen & Goldberg (2002) registraron una relación positiva entre el tamaño corporal de *Crotalus atrox* y el tamaño de sus camadas. Esto se ha interpretado como una influencia en la que el tamaño corporal de las hembras permite ingerir presas más grandes y, como resultado, adquirir y almacenar más energía (Bonnet et al., 2000). Taylor & DeNardo, (2005) sugieren que tal energía podría ser aprovechada en la vitelogénesis, llevando a una capacidad de almacenamiento mayor del vitelo, y, por tanto, la capacidad de producir neonatos más pesados. La energía almacenada puede asegurar la eficiencia reproductiva de las hembras en víperidos, y ante la disponibilidad de las presas, éstas pueden ajustar la inversión de energía destinada a su reproducción, siendo que estas reservas de energía podrían representar una mayor prioridad en el desarrollo de las hembras en víperidos en lugar del crecimiento corporal (Bonnet et al., 2000; Lourdaís et al., 2002). El esfuerzo reproductivo en las hembras en víperidos implica la inversión de energía en procesos que pueden mejorar la frecuencia y el éxito reproductivo, como lo son tiempos más prolongados de termorregulación o el retraso en la reproducción en el caso de hembras cuya necesidad es la de reestablecer sus reservas de energía (Bonnet et al., 2002), siendo que el esfuerzo reproductivo de las hembras, además, conlleva a cambios metabólicos durante y después de la etapa reproductiva (Dupóé & Lourdaís, 2014).

La MRC que obtuvimos tras el evento reproductivo de *M. olmec* es menor que la registrada por Bonnet et al. (2002) para *Vipera aspis*, de la que obtuvieron la MRC dividiendo el peso total de la camada entre el peso de la hembra posterior al parto. Sus datos corresponden a 158 camadas nacidas de 137 ejemplares, determinando una MRC promedio de 0.55 en hembras con camadas más grandes, y una MRC promedio de 0.51 en aquéllas con camadas pequeñas.

Por otro lado, Siegel & Fitch (1984) recopilaron registros y observaciones bajo criterios específicos: crías nacidas de hembras en cautiverio por menos de 6 meses, datos recogidos dentro de 72 horas posteriores al nacimiento de las crías y provenientes de ejemplares no colectados en estado silvestre. A partir de estos criterios, calcularon una MRC de 0.29 en especies de vivíparas de víperidos, basándose en 14 registros. Entre éstos, destacaron el caso de *Agkistrodon contortrix*, con una MRC de 0.30 en 1958, que mostró variaciones en años posteriores: 0.33 en 1964, 0.28 en 1972, 0.28 en 1974, y 0.26 en 1977. En comparación,

la MRC obtenida para *M. olmec* es mayor que los promedios para *A. contortrix*.

La fecha de nacimiento registrada en este trabajo ocurrió un mes antes de lo registrado por Cabrera-Guzmán et al. (2011), pues los autores registraron el nacimiento de 15 crías el 15 de octubre de 2006. Pérez-Higareda et al. (2007) mencionan el nacimiento de 12 crías a mediados de junio, coincidiendo con el tamaño de la camada en este estudio, aunque, en este trabajo, la fecha del nacimiento ocurrió con tres meses de diferencia.

La MRC obtenida de este ejemplar fue menor a lo que se ha registrado en otras especies de la familia Viperidae; sin embargo, se deben tomar en cuenta aspectos de la ecología de las especies de reptiles cuando se estudia sobre la MRC de los individuos; ya que la respuesta reproductiva puede variar acorde a los factores bióticos y abióticos que pueden ajustarse a las estrategias que determinan su éxito reproductivo, así como su supervivencia (Shine & Schwarznkoff, 1992). Es necesario profundizar en las características reproductivas de *M. olmec* en su medio natural, a fin de ampliar el conocimiento que se tiene actualmente sobre su biología reproductiva, la cual, aún es limitada.

Agradecimientos.— Extendemos nuestro agradecimiento a nuestros compañeros de laboratorio: así como al Dr. Alejandro Carbajal-Saucedo por su apoyo en permitirnos trabajar con los ejemplares en cautiverio donde documentamos su reproducción y propagación de la especie. Por último, agradecemos a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) por su disposición para la realización de los procedimientos legales de colecta y reubicación de los ejemplares, bajo el permiso con número de oficio SGPA/DGVS/05273/21.

LITERATURA CITADA

- Bastiaans, E., F. Méndez-de La Cruz, K. Rodríguez-Hernández, C. Flores-Aguirre & B. Sinervo. 2013. Female reproductive investment in the Mesquite Lizard (*Sceloporus grammicus*) species complex (Squamata: Phrynosomatidae). *The Southwestern Naturalist* 58:335-343.
- Bonnet, X., G. Naulleau, R. Shine & O. Lourdaís. 2000. Reproductive ecological advantages to larger body size in female snakes, *Vipera Aspis*. *Oikos* 89:509-518.
- Bonnet, X., O. Lourdaís, R. Shine & G. Naulleau. 2002. Reproduction in a typical capital breeder: costs, currencies, and complications in the Asp viper. *Ecology* 83:2124-2135.

- Cabrera-Guzmán, E., A. Carbajal-Saucedo & I. Delgadillo. 2011. *Atropoides olmec* (Tuxtlan Jumping Pitviper). Reproduction and parasites. *Herpetological Review* 39:465-466.
- Castoe, T.A., P.T. Chippindale, J.A. Campbell, L.K. Ammerman & C.L. Parkinson. 2003. Molecular systematics of the middle American Jumping Pitvipers (genus *Atropoides*) and phylogeography of the *Atropoides nummifer* complex. *Herpetologica* 59:421-432.
- Dupoué, A. & O. Lourdaís. 2014. Relative reproductive effort drives metabolic changes and maternal emaciation during pregnancy in a viviparous snake. *Journal of Zoology* 293:49-56.
- Lourdaís, O., X. Bonnet, R. Shine, D. DeNardo, G. Naulleau & M. Guillon. 2002. Capital-breeding and reproductive effort in a variable environment: a longitudinal study of a viviparous snake. *Journal of Animal Ecology* 71:470-479.
- Muñoz-Nolasco, F.J., D.M. Arenas-Moreno, D. Cruz-Sáenz & F.R. Méndez-de la Cruz. 2023. Reproductive effort in two viviparous species of Blue-tailed Skinks (Squamata: Scincidae: *Plestiodon*) from Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 94:e943999.
- Pérez-Higareda, G., M.A. López-Luna & H.M. Smith. 2007. Serpientes de la Región de Los Tuxtlas, Veracruz, México, Guía de Identificación Ilustrada. UNAM, México, DF.
- Rosen, P. & S.R. Goldberg. 2002. Female reproduction in the western diamond-backed rattlesnake, *Crotalus atrox* (Serpentes: Viperidae), from Arizona. *The Texas Journal of Science* 54:347-357.
- Shine, R. & L. Schwarkoff. 1992. The evolution of reproductive effort in lizards and snakes. *Evolution* 46:62-75.
- Siegel, R.A. & H.S. Fitch. 1984. Ecological patterns of relative clutch mass in snakes. *Oecologia* 61:293-301.
- Sinervo, B., F. Méndez-de-la-Cruz, D.B. Miles, B. Heulin, E. Bastiaans, M. Villagrán-Santa Cruz, R. Lara-Reséndiz, N. Martínez-Méndez, M.L. Calderón-Espinosa, R.N. Meza-Lázaro, H. Gadsden, L.J. Ávila, M. Morando, I.J. de la Riva, P. Victoriano-Sepúlveda, C.F. Duarte-Rocha, N. Ibargüengoitia, C. Aguilar-Puntriano, M. Massot, V. Lepetz, T.A. Oksanen, D.G. Chapple, A.M. Bauer, W.R. Branch, J. Clobert & J.W. Sites. 2010. Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. *Science* 328:894-899.
- Taylor, E.N. & D.F. DeNardo. 2005. Reproductive ecology of western diamond-backed rattlesnakes (*Crotalus atrox*) in the Sonoran Desert. *Copeia* 2005:152-158.
- Vargas-Ramírez, H.A., D.M. Arenas-Moreno & D. Lazcano. 2023. Esfuerzo reproductor y aspectos del cuidado parental de la Lagartija Caimán *Gerrhonotus infernalis* (Squamata: Anguidae). *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:695-230.
- Vitt, L.J. & H.J. Price. 1982. Ecological and evolutionary determinants of relative clutch mass in lizards. *Herpetologica* 38:237-255.



PRIMER REGISTRO DE *IMANTODES CENCHOA* LINNAEUS, 1758 (SQUAMATA: DIPSADIDAE) PARA EL DEPARTAMENTO DE CAAGUAZU, PARAGUAY

FIRST RECORD OF *IMANTODES CENCHOA* LINNAEUS, 1758 (SQUAMATA: DIPSADIDAE) FOR THE DEPARTMENT OF CAAGUAZU, PARAGUAY

José Feliciano Maciel-Méndez^{1*} & Milagros de Jesús Subeldía²

¹Departamento de Recursos Faunísticos y Medio Natural, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Asunción - Filial Caazapá, Paraguay.

²Virgen del Rosario 682 Yataity – Guaira, Paraguay.

*Correspondence: [selih13@gmail.com](mailto:seli13@gmail.com)

Received: 2024-10-16. Accepted: 2025-02-05. Published: 2025-06-05.

Editor: Francisco Brusquetti, Paraguay.

El género *Imantodes* se caracteriza por presentar el cuerpo extremadamente alargado y comprimido lateralmente, similar a una liana, que contrasta con su cabeza globular y ojos xº prominentes con pupilas verticales (Ceí, 1993; Norman, 2016; Cacciali, 2024). También se caracteriza por presentar un patrón de coloración dorsal compuesto por manchas oscuras rojizas a marrones, de forma oval a romboidal, con bordes usualmente denticulados (Williams & Vera, 2023; Cacciali, 2024), y cuyo número varía de 29 a 56 (Ceí, 1993). El vientre es de color crema claro, similar al de los espacios entre las manchas dorsales (Cacciali, 2024). Su longitud máxima es de 150 cm (Valencia

& Garzón, 2011). Esta serpiente es de hábitos arborícolas y nocturnos, se alimenta principalmente de anfibios, lagartijas y huevos de rana (Suárez & Alzate, 2014; Williams & Vera, 2023; Aguilar-Herrera et al., 2023; Díaz-García et al., 2023; Cacciali, 2024). *Imantodes cenchoa* es una especie ampliamente distribuida en América, desde México hasta Argentina (Suárez & Alzate, 2014; Williams & Vera, 2023; Cacciali, 2024). En Paraguay su presencia es considerada rara (Cacciali, 2024) ya que se la conoce por pocos registros en los departamentos de Alto Paraguay, Concepción, Alto Paraná y en la ciudad de Asunción (Cacciali et al., 2016). Los registros de Asunción y Alto Paraná fueron mencionados en

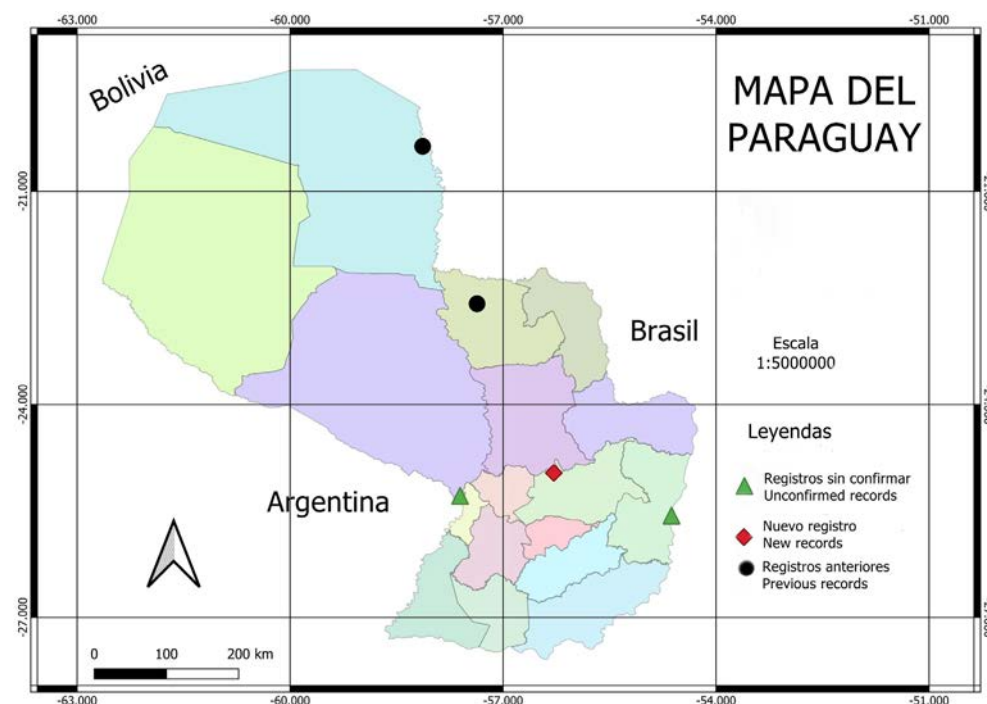


Figure 1. Map of Paraguay with departmental divisions. Green triangles represent the unconfirmed records, the red diamond represents the new record, and black circles represent previous records.

Figura 1. Mapa del Paraguay con la división de sus departamentos. Los triángulos en verde corresponden a los registros sin confirmar, el rombo rojo al nuevo registro y el círculo negro corresponde a los registros anteriores

Bertoni (1939) sin especificar material de referencia por lo que necesitan ser confirmados. Aquí se presenta el primer registro de *Imantodes cenchoa* para el Departamento de Caaguazú. El registro se realizó en la compañía Guardia Kue, ubicada en el distrito de Santa Rosa del Mbutuy, cuyas coordenadas son 24.956444° S, 56.273333° W (Fig. 1), donde se encontró un ejemplar muerto de *I. cenchoa*. El encuentro ocurrió el día 16 de julio de 2024. Este nuevo registro amplía la distribución de la especie en 285 km al sureste del registro confirmado más cercano, Parque Nacional Serranía

San Luis, departamento de Concepción (Cacciali et al., 2016). El espécimen no fue colectado debido a que no se contaba con los permisos correspondientes, por lo que la identificación fue realizada en base a una fotografía depositada en Calphotos (Fig. 2; ID: 0000 0000 0125 0143 [2025-01-08]). Para la identificación nos basamos en la forma y manchas de la cabeza, las manchas romboidales en el cuerpo y la longitud de la cola (Fig. 2). Este nuevo registro amplía la distribución conocida de *I. cenchoa* en la región y en el país, aportando información valiosa para una

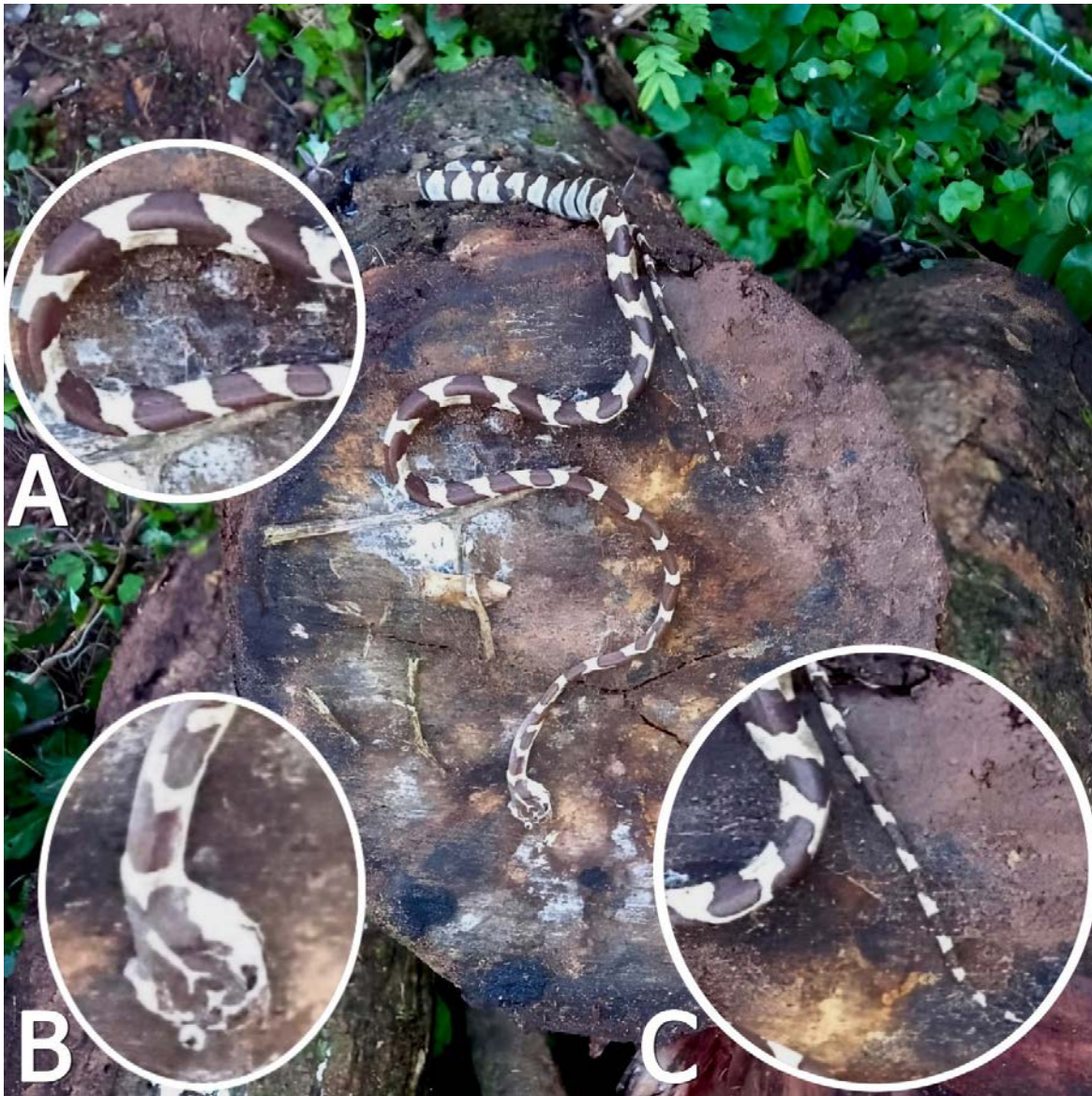


Figure 2. Dorsal photograph of the first recorded individual of *Imantodes cenchoa* in the Department of Caaguazú, highlighting some morphological characters used for its identification: (A) reddish to brown rhomboidal dorsal spots with denticulated edges, (B) head with prominent eyes, (C) long tail relative to the rest of the body. Photos: Elvio Galeano.

Figura 2. Fotografía dorsal del primer individuo de *Imantodes cenchoa* registrado en el Departamento de Caaguazú, destacando algunos caracteres morfológicos utilizados para su identificación: (A) manchas dorsales romboidales rojizas a marrones con bordes denticulados, (B) cabeza con ojos prominentes, (C) cola larga con relación al resto del cuerpo. Fotos: Elvio Galeano.

especie catalogada como Datos Insuficientes (DD) en Paraguay (Martínez et al., 2020). Este hallazgo refuerza la necesidad de monitoreos continuos en áreas de alta diversidad biológica bajo presión antrópica.

Agradecimientos. – A Elvio Galeano por permitirnos usar su fotografía e informarnos del registro.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Herrera, E.A., D.L. Flores-Martínez, M. Seba-Chacha, L.D. Vázquez Reyes, F.A. Rivera Ortiz, P. Ramírez Bastida, S. Sanabria Urbán & V.H. Jiménez Arcos. 2023. Predation of *Imantodes cenchoa* (Squamata: Colubridae) on *Sceloporus variabilis* (Squamata: Phrynosomatidae) in a rainforest of the Sierra Mazateca, Oaxaca. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:1-4.
- Bertoni, A.D.W. 1939. Catálogos sistemáticos de los vertebrados del Paraguay. *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay* 4:1-60.
- Cacciali, P. 2024. Guía para la Identificación de las Serpientes del Paraguay, 2da ed. Guyra Paraguay, Asunción, Paraguay.
- Cacciali, P., N. Scott, A.L. Aquino, L.A. Fitzgerald & P. Smith. 2016. The reptiles of Paraguay: literature, distribution, and an annotated taxonomic checklist. *Special Publications of the Museum of Southwestern Biology* 11:1-373.
- Cei, J.M. 1993. Reptiles del noroeste, noreste y este de la Argentina. *Herpetofauna de las Selvas Subtropicales, Puna y Pampa*. Museo Regionali di Scienze di Torino, Turin, Italia.
- Díaz-García, J.M., V. Vázquez-Cruz, A. Sandoval-Comte, J. Ramos-Luna & A. Kelly-Hernández. 2023. Depredación de huevos de la rana de cristal norteña *Hyalinobatrachium viridissimum* por la culebra-cordelilla chata *Imantodes cenchoa* en un bosque de niebla de Veracruz, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:149-153.
- Martínez, N., P. Cacciali, F. Bauer, H. Cabral, M.E. Tedesco, S. Vinke, T. Vinke, D. Vázquez, E. Ramos & M. Motte. 2020. Estado de conservación y lista roja de los reptiles del Paraguay. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay* 24:1-128.
- Norman, D. 2016. Guía de Campo de los Reptiles y Anfibios de los Parques Nacionales Santa Rosa y Palo Verde, Costa Rica.
- Suárez, A.M. & E. Alzate Basto. 2014. Anfibios y Reptiles: Cañón del Río Porce, Antioquia. EPM E.S.P., Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Valencia, J.H. & K. Garzón. 2011. Guía de Anfibios y Reptiles en Ambientes Cercanos a las Estaciones del OCP. Fundación Herpetológica Gustavo Orcés, Quito, Ecuador.
- Williams, J.D. & D.G. Vera. 2023. Serpientes de la Argentina. Ediciones LBN, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.



NEW RECORD OF *MARISORA AQUILONARIA* (SQUAMATA: SCINCIDAE) IN ESTADO DE MÉXICO, MEXICONUEVO REGISTRO DE *MARISORA AQUILONARIA* (SQUAMATA: SCINCIDAE) EN EL ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO

Naomi N. Ávila-Jiménez¹, Marysol Trujano-Ortega^{1,2}, Antonio E. Valdenegro-Brito¹, Rodrigo G. Martínez-Fuentes¹, Juan C. Sánchez-García¹ & Uri O. García-Vázquez^{1*}

¹Laboratorio de Sistemática Molecular, Carrera de Biología, Unidad de Investigación Experimental Zaragoza, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, Batalla 5 de Mayo s/n, Col. Ejército de Oriente, 09230, Ciudad de México, México.

²Museo de Zoología (Entomología). Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Ciudad de México, México.

*Correspondence: urigarcia@gmail.com

Received: 2024-10-19. Accepted: 2025-01-17. Published: 2025-06-12.

Editor: Norberto Martínez Méndez, México.

The Southern Sierra Madre Skink (*Marisora aquilonaria*) is a lizard species endemic to Mexico. Its distribution covers the Pacific slope from the state of Nayarit to the southeastern Guerrero and the Balsas basin in the southeastern Estado de México, including southern Puebla and Morelos. The records and specimens of this species are scattered in the literature and in herpetological collections (Hedges & Conn, 2012; Macip-Ríos et al., 2012; McCranie et al., 2020). *Marisora aquilonaria* mainly inhabits tropical deciduous and thorny forests from 0 to 1,200 m a.s.l., although there are records of this species at higher elevations, where oak or pine forest predominates with patches of grassland, scrub and herbaceous (Lara-Resendiz et al., 2017).

On 29 July 2017, at 12:00 h, we collected a female specimen of *Marisora aquilonaria* (Fig. 1) in a pine-oak forest with induced grassland in El Tule, municipality of Tejupilco, Estado de México (19.01034° N, 100.105604° W, elev. 1,669 m a.s.l.). The total (snout-tail) length of the specimen was 40.7 mm, it has five supraciliary scales per side, 30 lamellae from the sum of the lamellae of the fourth toe of each leg, 51 lamellae resulting from the sum of the five toes of each leg and lacks the dark and light dorsolateral lines. These diagnostic characters differentiate *Marisora aquilonaria* from the other two species of *Marisora* distributed in Mexico (McCranie et al., 2020). The specimen was collected under a collection permit issued by the Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales of the Mexican government (Faut-0246) and subsequently deposited in the herpetological collection of the Museo de Zoología, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México (MZPZ 4,652).

There is one previous record of *Marisora aquilonaria* in the literature for the State of Mexico, at La Puerta de Santiago, municipality of Tonicato (18.75111° N, 99.62638° W, elev. 1,456 m a.s.l.; Macip-Ríos, 2012), it is approximately 58 km in a straight line from our record. On the other hand, in the iNaturalist platform we found three nearby records; the first near “El Peñon”, municipality of Temascaltepec (19.0390° N, 100.1206° W, elev. 1,726 m a.s.l.), the second on the Estanco-Cañadas road in the municipality of Luvianos (18.8834° N, 100.3248° W, elev. 1,969 m a.s.l.) and the third on the Jalmolonga road, in the municipality of Malinalco (18.9098° N, 99.4928° W, elev. 1,514 m a.s.l.) at a distance of approximately 3, 27 and 65 km respectively in a straight line from our record, in the State of Mexico (iNaturalistMX, 2024).

This is the first record for the municipality of Tejupilco and extends the known geographic range 3.5 km (as the crow flies) northwest of the nearest record reported for the state (Fig. 2). According to the study by McCranie et al. (2020), the most recent study covering aspects of taxonomy, morphology, and distribution of species in the genus *Marisora*, the State of Mexico is not included in the distribution of *Marisora aquilonaria*. However, this exclusion is based on the omission of the record of *Marisora aquilonaria*, formerly *Mabuya unimarginata*, reported by Macip-Ríos et al. (2012). Therefore, our finding represents an additional verified record for the State of Mexico.



Figura 1. *Marisora aquilonaria* (MZFZ 4652) colectada en la localidad El Tule, municipio de Tejupilco, Estado de México, México. Foto: Esaú Valdenegro Brito.

Figure 1. *Marisora aquilonaria* collected (MZFZ 4652) from El Tule, municipality of Tejupilco, Estado de México, Mexico. Photo: Esaú Valdenegro Brito.

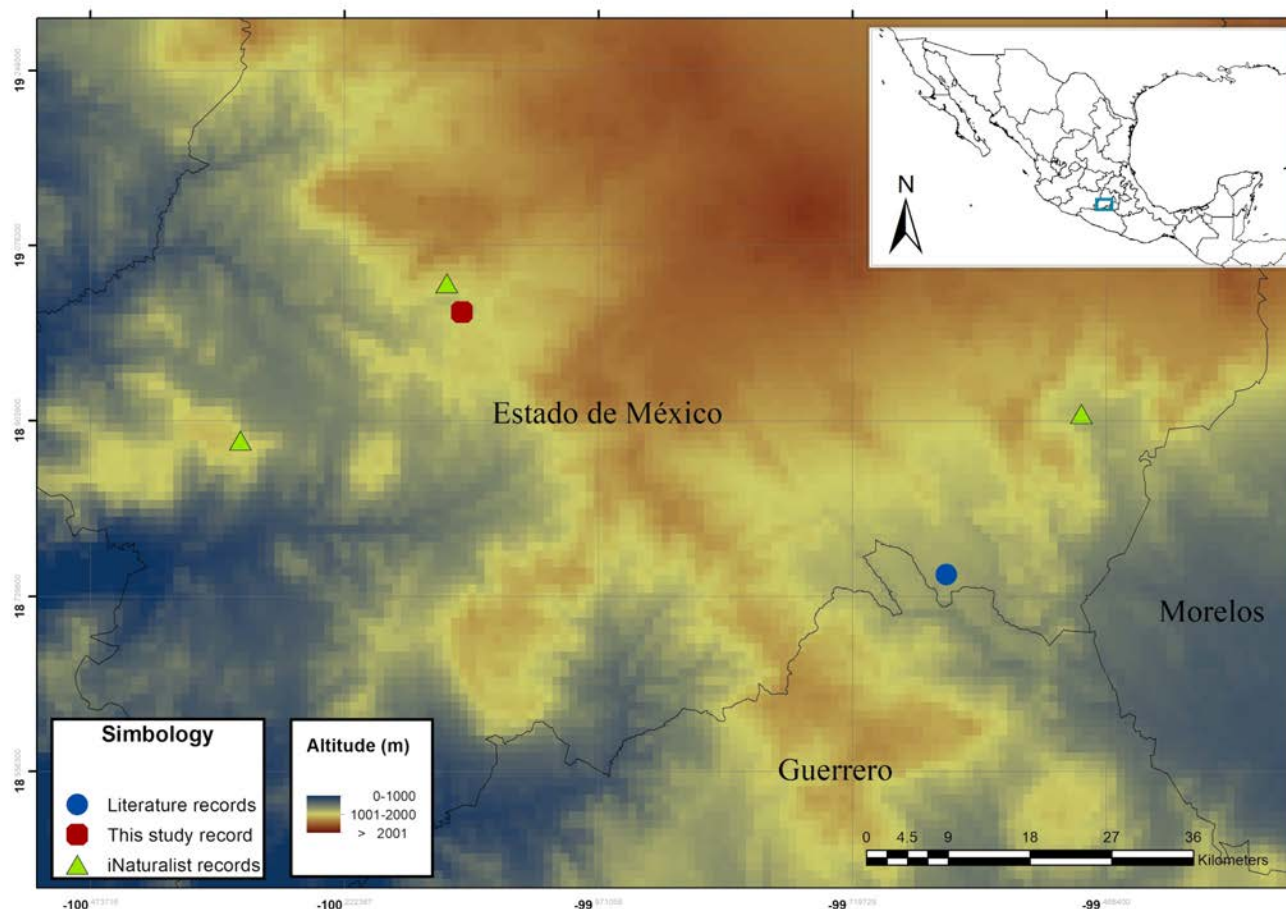


Figura 2. Distribución geográfica de *Marisora aquilonaria* en el Estado de México. Elaboración propia.

Figure 2. Geographic distribution of *Marisora aquilonaria* from Estado de México. Own elaboration.

Acknowledgements.—This work was funded by the Dirección General de Asuntos del Personal Académico, Universidad Nacional Autónoma de México (PAPIIT-IN 228022) and Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCyT) (A1-S-37838) awarded to Uri García-Vázquez. The scientific collection was carried under a collecting permit issued to Uri Omar García-Vázquez by the Mexican government's Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Faut-0246).

LITERATURE CITED

- Hedges, S.B. & C.E. Conn. 2012. A new skink fauna from Caribbean islands (Squamata, Mabuyidae, Mabuyinae). *Zootaxa* 3288:1-244.
- iNaturalistMX. Disponible en <https://www.naturalist.mx>. Acceso [10 de octubre de 2024].
- Lara-Resendiz, R.A., V.H. Jiménez-Arcos, R. Palacios, R. Santos-Bibiano, A.H. Días de la Vega-Pérez & B.C. Larraín-Barrios. 2017. New records, distributional range, and notes on *Marisora brachypoda* (Squamata: Mabuyidae) in Mexico. *Mesoamerican Herpetology* 4:224-231.
- Macip-Rios, R., G. Barrios Quiroz, V. Sustalta-Rodriguez & G. Casas-Andreu. 2012. Geographic Distribution. *Mabuya unimarginata* (Central America Mabuya). *Herpetological Review* 43:103.
- McCranie J.R., A.J. Matthews & S.B. Hedges. 2020. A morphological and molecular revision of lizards of the genus *Marisora* Hedges & Conn (Squamata: Mabuyidae) from Central America and Mexico, with descriptions of four new species. *Zootaxa* 4763:301-353.



A BIOGEOGRAPHIC ODDITY IN A DISAPPEARING ECOSYSTEM: A NEW GLASSFROG (CENTROLENIDAE: *NYMPHARGUS*) FROM THE ECUADORIAN CHOCÓ

UNA RAREZA BIOGEOGRÁFICA EN UN ECOSISTEMA QUE DESAPARECE: UNA NUEVA RANA DE CRISTAL (CENTROLENIDAE: *NYMPHARGUS*) DEL CHOCÓ ECUATORIANO

Juan M. Guayasamin^{1,2*}, Daniela Franco-Mena^{1,2} & Mateo A. Vega-Yáñez^{1,2,3}

¹Universidad San Francisco de Quito USFQ, Laboratorio de Biología Evolutiva, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales COCIBA, Instituto BIÓSFERA-USFQ, Global Research & Solutions Center USFQ, Campus Cumbayá, Quito 170901, Ecuador.

²Universidad San Francisco de Quito USFQ, Tandayapa Cloud Forest Station, P.O. Box 17-1200-841, Quito, Ecuador.

³Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales COCIBA, Maestría en Ecología Tropical y Conservación, Quito, Ecuador.

*Correspondence: jmguyasamin@usfq.edu.ec

Received: 2024-09-22. Accepted: 2025-03-14. Published: 2025-06-06.

Editor: Felipe Rabanal, Chile.

Resumen.—*Nymphargus* es un género principalmente andino de ranas de cristal. El descubrimiento de una especie de *Nymphargus* en las tierras bajas del Chocó representa una rareza biogeográfica. Aquí describimos este nuevo taxón basándonos en los siguientes rasgos: (i) ausencia de membranas entre los dedos de las manos, (ii) dorso verde con numerosas manchas negras y algunos falsos ocelos color amarillo, (iii) ausencia de dientes vomerinos y (iv) tamaño corporal relativamente grande (SVL > 30 mm). A pesar de los extensos esfuerzos de muestreo en la zona, no se han encontrado más especímenes, lo que indica que la nueva especie es rara y vulnerable. Dada su limitada área de distribución en la ecorregión del Chocó y las amenazas actuales de destrucción del hábitat (i.e., tala, expansión agrícola, minería), clasificamos este nuevo taxón como En Peligro Crítico, siguiendo los criterios de la UICN. Por último, analizamos la cobertura forestal del Chocó ecuatoriano durante 1985–2022; en este periodo se han deforestado 194.007 hectáreas, lo que supone una destrucción del 20 % del ecosistema original. Estimamos que cada año se pierde una media de 5.243 hectáreas de bosque; estos datos ponen de manifiesto la urgencia de emprender acciones de conservación en el Chocó.

Palabras clave.—Ecorregión Chocó, Amphibia, nueva especie, solitario, taxonomía.

Abstract.—*Nymphargus* is a genus of glassfrogs primarily known from the Andes. The discovery of a *Nymphargus* species in the lowland Chocó region represents a biogeographic oddity. Herein we describe this new taxon based on the following main traits: (i) absence of hand webbing, (ii) green dorsum with numerous black flecks and scarce yellow false ocelli, (iii) absence of vomerine teeth, and (iv) relatively large body size (SVL > 30 mm). Despite extensive subsequent herpetological efforts in the area, no additional specimens have been found, underscoring its rarity and vulnerability. Given its limited range in the Chocó ecoregion and the ongoing threats of habitat destruction (i.e., logging, agricultural expansion, mining), we classify this new taxon as Critically Endangered, according to IUCN criteria. Lastly, we analyzed the forest cover of the Ecuadorian Chocó during 1985–2022; during this time period 194,007 hectares have been deforested, representing a 20 % destruction of the original ecosystem. We estimate that an average of 5,243 hectares of forest are lost annually; this data highlights the urgency for conservation actions in the Chocó.

Keywords.—Chocó ecoregion, Amphibia, new species, singleton, taxonomy.

INTRODUCTION

Nymphargus is a glassfrog genus originally described by Cisneros-Heredia & McDiarmid (2007); its diagnosis and species content were later modified by Guayasamin et al. (2009) to render the taxon monophyletic. *Nymphargus* represents one

of the few glassfrog genera where morphological diagnosis is straightforward. All species in *Nymphargus* are easily recognized by having a reduced (or absence) webbing between fingers (Guayasamin et al., 2009). Moreover, all species in this

genus exhibit a partially transparent venter, and a transparent peritoneal covering the heart, liver, and digestive system (Guayasamin et al., 2009). Biogeographically, *Nymphargus* originated and is mostly restricted to the Andes (Castroviejo-Fisher et al., 2014; Guayasamin et al., 2009, 2020), with only four species found below 1,000 m on the Pacific slopes of the Andean Cordillera (Fig. 1): *N. balionotus* (Duellman 1981), *N. buenaventura* (Cisneros-Heredia & Yáñez-Muñoz 2007), *N. chami* (Ruiz-Carranza & Lynch 1995), and *N. prasinus* (Duellman 1981).

The endemism of *Nymphargus* to the Andes has been explained by a combination of niche conservatism and allopatric speciation (Hutter et al., 2013; Castroviejo-Fisher et al., 2014; Guayasamin et al., 2020). Thus, it came as a biogeographic surprise finding a *Nymphargus* in collections made by Gregory Vigle at Reserva Biológica Bilsa, in the Ecuadorian Chocó Ecoregion, more than 20 years ago (2001). The specimen exhibits all the diagnostic traits of *Nymphargus* and is described herein as a new species. After this initial finding, several batrachologists have worked in the area (Guayasamin & Bonaccorso, 2004; Ortega-Andrade et al., 2010, 2013; Vigle et al., 2020; Jones et al., 2024), but no additional specimens have been found. Given the morphological and biogeographical uniqueness of the species, we describe this new species of *Nymphargus*, and list it as Critically Endangered.

METHODS

To taxonomy and species description

We follow the generic classification of Centrolenidae proposed by Guayasamin et al. (2009), which includes a monophyletic *Nymphargus*. Species are considered separately evolving lineages, following the conceptual framework developed by Simpson (1951, 1961), Wiley (1978), and De Queiroz (2007). As an operational criterion for lineage identification, we rely mainly on morphological data.

Study site

The Reserva Biológica Bilsa (RBB) is a private reserve owned by Fundación Jatun Sacha, with an area of approximately 3,300 hectares at elevations of 300–800 m a.s.l. (Ortega-Andrade et al., 2010), in the Mache-Chindul mountains at the border between the Esmeraldas and Manabí provinces, Ecuador (Fig. 2). It contains Foothill Evergreen Forest (~500–800 m a.s.l.) and Lowland Evergreen Forest (~350–500 m a.s.l.). The rainy season occurs from January to May, followed by a drier season from June to December (annual average rainfall of 1,500–2,000 mm; Ortega-Andrade et al., 2013); during the drier period, the reserve is often covered by fog at ground level (and dense cloud cover above) and subject to an undetermined but substantial amount of fog drip. Most of the RBB is marked by steeply rolling terrain

with alternating ridges and streams in narrow valleys. Surveys at RBB have been carried out by numerous researchers in the last 20 years both in primary and old secondary forest, along several streams, but mainly in the Duchas and Aguacatal-Duchas streams (Guayasamin & Bonaccorso, 2004; Ortega-Andrade et al., 2010, 2013; Vigle et al., 2020; Jones et al., 2024). A map illustrating the location of all trails and streams at RBB is published in Ortega-Andrade et al. (2010:fig.1).

Loss of vegetation cover in the Ecuadorian Chocó

For our analyses, we delimited the Ecuadorian Chocó region using the biogeographic classification map of continental Ecuador provided by the Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. This classification is based on vegetation physiognomy, landscape criteria, climatic conditions and floristic components (MAE, 2012). We have also complemented this classification with literature references (Fagua et al., 2019; Sierra, 1999). Based on the defined study area, we obtained geospatial data on the annual dynamics of land cover and land use through the Google Earth Engine platform. For this purpose, we accessed the MapBiomas collection (available at <http://ecuador.mapbiomas.org>), which provides information at a spatial resolution of 30 meters from the supervised classification of satellite images. For the analysis in the Ecuadorian Chocó we downloaded data for the years 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015, 2020 and 2022. With the downloaded information on land use and land cover in different years for the study area, a spatial analysis was carried out with the ArcGIS Pro software. First, all data layers were converted to the WGS 1984 UTM Zone 17S spatial reference system to ensure a correct overlay and comparison of the geographic information. A temporal trend analysis was performed, estimating the area of vegetation cover for each year in order to quantify the loss of vegetation in the Ecuadorian Chocó in space and time. With the vegetation area data obtained for each year, the rate of vegetation change and average deforestation were calculated for each five-year interval using the equations proposed by Puyravaud (2003). For the year 2022, only the vegetation area was calculated in order to maintain consistency in comparisons between five-year intervals. Due to the absence of vegetation cover data in MapBiomas for the year 2024, we have estimated the area using a second-degree polynomial model that adjusts to the available data. The analyses were performed in R software.

Species description

The diagnosis and description of the new species follow the terminology described by Lynch & Duellman (1973), Cisneros-Heredia & McDiarmid (2007), and Guayasamin et al. (2009, 2020). Webbing formula follows Savage & Heyer (1967), as modified by Guayasamin et al. (2006). We obtained morphological data with

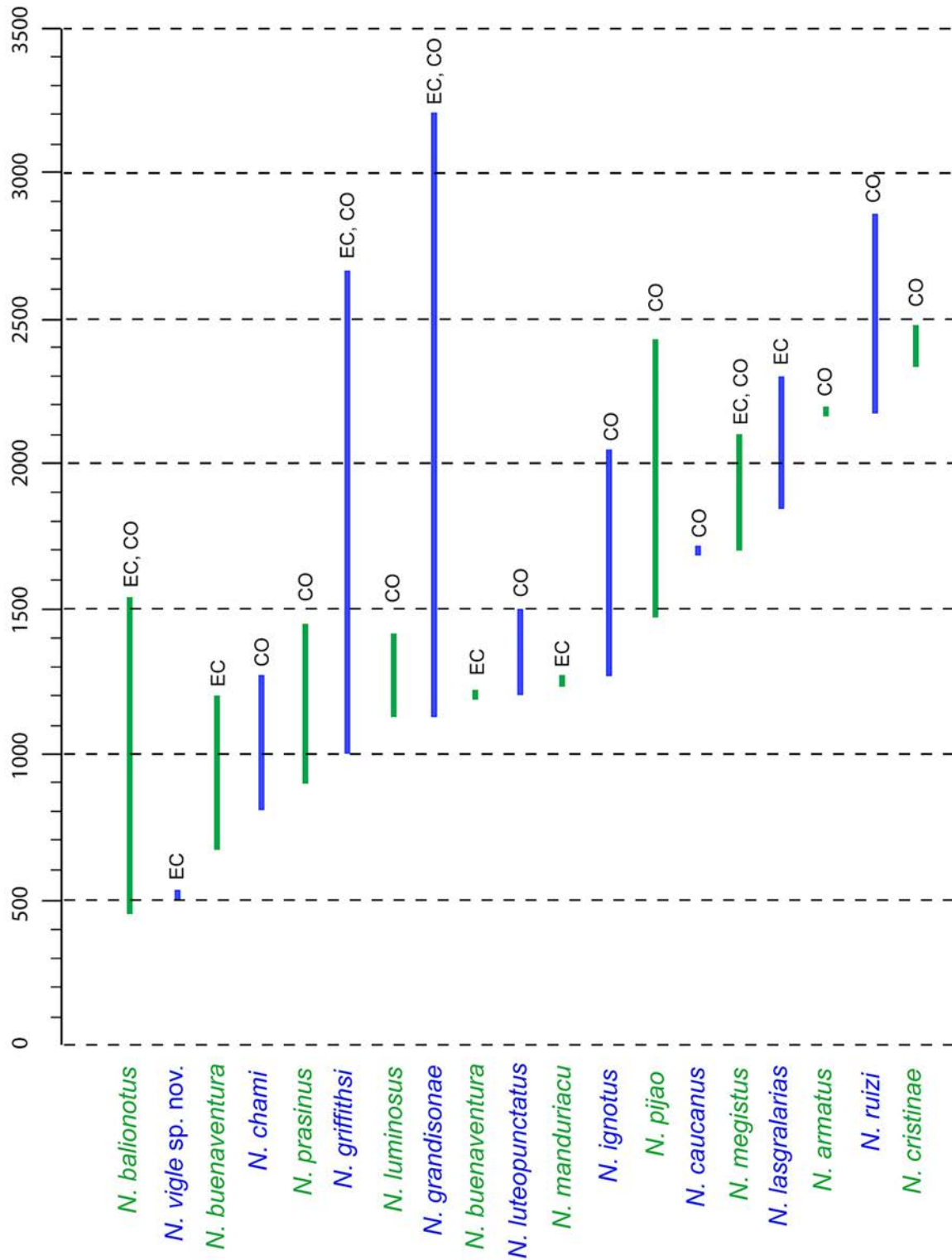


Figura 1. Distribución altitudinal (en metros) del género *Nymphargus* presente en las vertientes del Chocó y el Pacífico de los Andes de Ecuador y Colombia. La distribución por país se indica en la parte superior de la barra para cada especie: Colombia (CO), Ecuador (EC).

Figure 1. Elevational distribution (in meters) of the genus *Nymphargus* found in the Chocó and Pacific slopes of the Andes of Ecuador and Colombia. The country distribution is noted at the top of the bar for each species: Colombia (CO), Ecuador (EC).

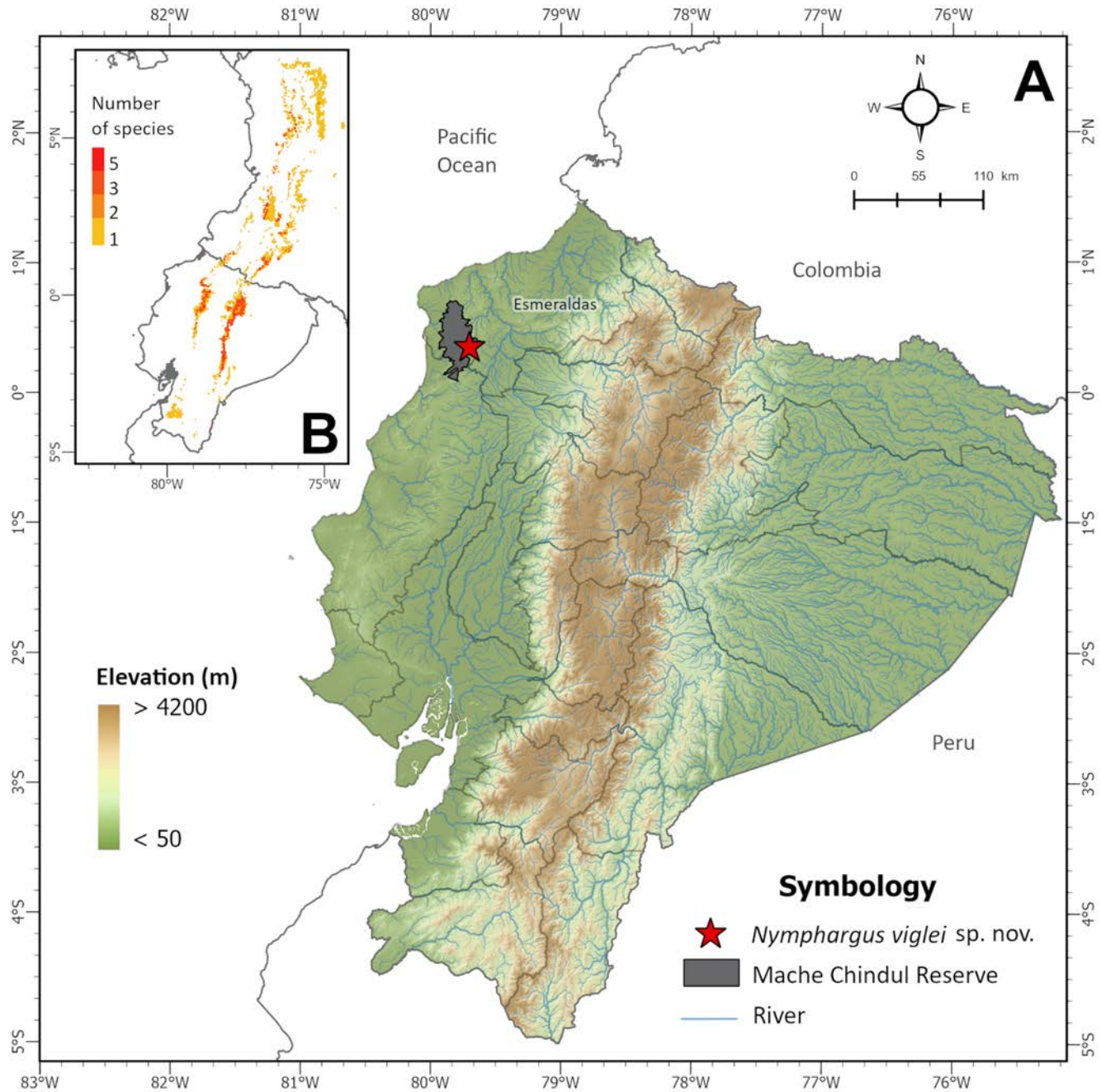


Figura 2. (A) Distribución de *Nymphargus vigei* sp. nov. en Ecuador. (B) Distribución de especies amenazadas (IUCN) del género *Nymphargus* en el norte de los Andes.

Figure 2. (A) Distribution of *Nymphargus vigei* sp. nov. in Ecuador. (B) Distribution of IUCN threatened species of the genus *Nymphargus* in the northern Andes.

a Mitutoyo digital caliper to the nearest 0.1 mm, as described in Guayasamin et al. (2022): (1) snout–vent length (SVL) = distance from tip of snout to posterior margin of vent; (2) femur = distance from cloaca to knee; (3) tibia = length of flexed leg from knee to heel; (4) foot = distance from proximal edge of Toe I to tip of Toe IV; (5) head length = distance from tip of snout to posterior

angle of jaw articulation; (6) head width (HW) = width of head measured at level of jaw articulation; (7) interorbital distance (IOD) = shortest distance between upper eyelids, a measurement that equals to the subjacent frontoparietal bones; (8) eye = distance between anterior and posterior borders of the eye; (9) tympanum = distance between anterior and posterior borders

of tympanic annulus; (10) arm = length of flexed forearm from elbow to proximal edge of Finger I at the level of articulation with arm; (11) hand = distance from proximal edge of Finger I to tip of Finger III; (12) Finger I = distance from outer margin of hand to tip of Finger I; (13) Finger II = distance from outer margin of hand to tip of Finger II; and (14) width of Finger.

We compared the new taxon to specimens housed at the following collections (Appendix I): Centro Jambatu de Investigación y Conservación de Anfibios, Quito, Ecuador (CJ); NHMUK Natural History Museum, United Kingdom (formerly BMNH: British Museum Natural History); División de Herpetología, Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (DHMECN); Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia (ICN); University of Kansas, Museum of Natural History, Division of Herpetology, Lawrence, Kansas, USA (KU); Museo de Zoología, Universidad Tecnológica Indoamérica, Quito, Ecuador (MZUTI); and Museo de Zoología, Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador (ZSFQ). We performed a one-sample t-test to determine if there are differences in body size between similar species. The conservation assessment of the new taxon follows the criteria detailed by the IUCN (2012).

RESULTS

Nymphargus vigei new species

Figures 3, 4, 5

LSID: urn:lsid:zoobank.org:pub:8C86252B-AE45-4223-A4B0-612791CF8605

Nomenclatural Act: urn:lsid:zoobank.org:act:6B9DoD8B-E5E3-4CC4-9B8C-B6FD366E59D2

Common name in English: Vige's Chocó Glassfrog.

Common name in Spanish: Rana de Cristal Chocoana de Vige.

Holotype: KU 291177 (field number GV-2000-0051), adult female, collected in tributary of Duchas/Aguacatal stream at Reserva Biológica Bilsa (0.3447° N, 79.7100° W; 510 m a.s.l.), within the Reserva Ecológica Mache-Chindul, Esmeraldas Province, Ecuador, by Gregory O. Vige on 03 July 2001.

Etymology: The specific epithet is a noun in the genitive case, and a patronym for Gregory Owen Vige (who collected the holotype), in recognition of his contributions to the study and conservation of the herpetofauna of Ecuador (e.g., Vige

& Miyata, 1980; Vige, 2008; Vige et al., 2020). By association, this name also commemorates the decades of support and encouragement of his father, John B. Vige, Jr., mother Marjorie B. Vige, brother Sean C. Vige, and son John S.T.B Vige, as well as his daughter Silvana V.M. Goberdhan-Vige, and spouse, Z. Neesha Batcha Vige.

Generic placement: The new species is placed in the clade *Nymphargus* (sensu Guayasamin et al., 2009) based on morphological traits. All species in *Nymphargus* share as a synapomorphy the absence or reduced webbing between Fingers III and IV. Other diagnostic traits in the genus (also present in the new species) are: partially transparent venter; transparent peritonea covering the heart, liver, and digestive system; adults lack humeral spines, although males in some populations (i.e., *N. armatus* [Ruiz-Carranza & Lynch 1996], *N. balionotus* [Duellman 1981], *N. grandisonae* [Cochran & Goin 1970], *N. griffithsi* [Goin 1961]) can present an expanded crista ventralis of the humerus, closely resembling a humeral spine. Biogeographically, most *Nymphargus* species are restricted to the Andes (Guayasamin et al., 2020).

Identification and similar species: Among glassfrogs found in the Chocó and the Pacific slope of the Andes, *Nymphargus vigei* sp. nov. is unique by having the following combination of traits: (i) absence of webbing between fingers, (ii) dorsum green, with numerous black flecks and few yellow false ocelli, and (iii) relatively large female SVL (31.1 mm; n = 1). Only four species of *Nymphargus* have been documented within the Chocó biogeographic region; these species are: *N. balionotus*, *N. buenaventura*, *N. chami*, and *N. prasinus* (Fig. 6). Differences between the new species and other Chocoan *Nymphargus* are summarized in Table 1. Other species that could be confused with *N. vigei* sp. nov. are *N. griffithsi* (Goin 1961) and *Espadarana prosoblepon* (Boettger 1892); both species may present black flecks on the dorsum, and some populations of *E. prosoblepon* also exhibit false yellow ocelli. The new species is easily differentiated from *N. griffithsi* by having false ocelli (absent in *N. griffithsi*), and being considerably larger (SVL in *N. griffithsi* < 25.8 mm; SVL in *N. vigei* sp. nov. = 31.1 mm). Additionally, *N. griffithsi* is restricted to the Andes at elevation of 1,220–2,430 m (Hutter & Guayasamin, 2012; Guayasamin et al., 2020), whereas the new taxon is known only from the Chocoan lowlands (ca. 500 m). *Espadarana prosoblepon* has been reported at the same locality as *N. vigei* sp. nov. (Ortega-Andrade et al., 2010); these species are readily distinguished by the presence of webbing between Fingers III and IV in *E. prosoblepon* (absent in the new species; Figs. 5, 7), vomerine teeth (present in *E. prosoblepon*, absent in the new species), and body size (SVL in *E. prosoblepon* < 28.6 mm, n = 25; SVL in *N. vigei* sp. nov. = 31.1 mm). Statistically, body



Figura 3. *Nymphargus viglei* sp. nov. en su entorno natural. Ilustración: Valentina Nieto Fernández.

Figure 3. *Nymphargus viglei* sp. nov. in its natural environment. Illustration: Valentina Nieto Fernández.

size in *N. viglei* sp. nov. is significantly larger ($p < 0.001$) than *E. prosoblepon*. Also, all examined specimens of *E. prosoblepon* (25 adult females) exhibit a conspicuous membrane between outer fingers; webbing formulae: III (12/3–2+) — (1+–2) IV. In contrast, hand webbing in *N. viglei* sp. nov. is very much reduced: III 3 — 23/4 IV. Finally, in the dorsal view, the head of *E. prosoblepon* is round, whereas *N. viglei* sp. nov. has a truncate head (Figs. 5, 7).

Diagnosis: (1) Dentigerous process of the vomer lacking teeth; (2) snout truncate in dorsal and lateral view; (3) tympanum oriented almost vertically, with slight lateral and posterior inclinations, its diameter about 26% of eye diameter; upper border of tympanic annulus obscured by supratympanic fold; tympanic membrane pigmented as surrounding skin; (4) dorsal skin shagreen, lacking spicules; males unknown; (5) venter areolate; pair of enlarged subcloacal warts; (6) white parietal

peritoneum covering about anterior two-thirds of venter; white pericardium; translucent peritonea on kidneys, intestines, stomach, gall and urinary bladders; (7) liver lobate, covered by translucent peritoneum; (8) humeral spines absent; (9) webbing absent between fingers; (10) feet about two-thirds webbed; webbing formula: I 2– — 21/3 II 11/4 — 22/3 III 11/2 — 3– IV 3–2– V; (11) ulnar and tarsal folds present, low; (12) concealed prepollex; condition of nuptial pads unknown; (13) Finger II longer than Finger I; (14) disc of Finger III width about 55% of eye diameter; (15) in life, dorsum green with numerous black flecks and yellow false ocelli; bones green; (16) in preservative, dorsum cream with numerous dark lavender flecks and few unpigmented spots; (17) in life, iris silvery white, with numerous minute grey to dark grey spots; (18) melanophores on dorsal surfaces of Fingers III and IV and Toes IV and V; (19) large body size in females (SVL = 31.1 mm; $n = 1$); males unknown.

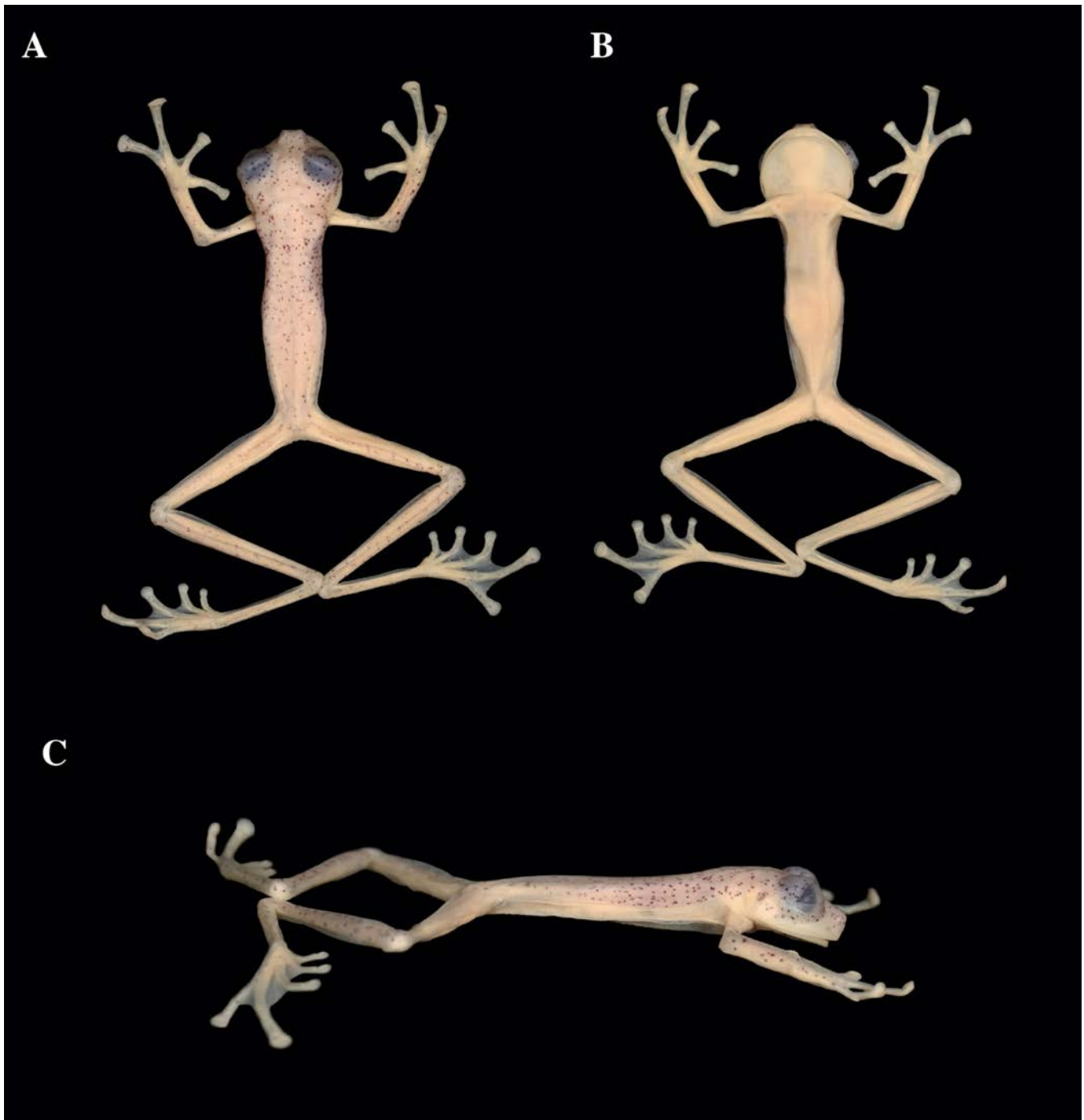


Figura 4. Holotipo de *Nymphargus vigei* sp. nov. en alcohol. (A) Vista dorsal. (B) Vista ventral. (C) Vista lateral.

Figure 4. Holotype of *Nymphargus vigei* sp. nov. in alcohol. (A) Dorsal view. (B) Ventral view. (C) Lateral view.

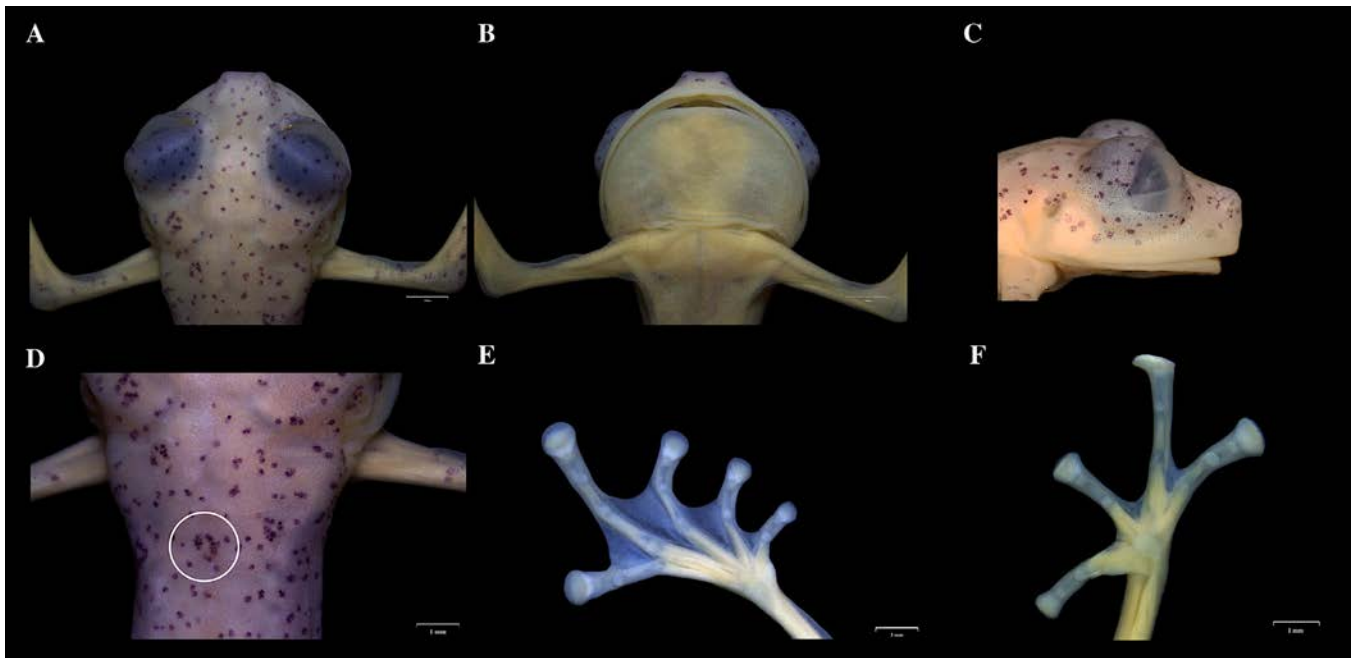


Figura 5. Detalles morfológicos del holotipo preservado de *Nymphargus vignei* sp. nov. (A, B, C) Cabeza en vistas dorsal, ventral y lateral. (D) Vista parcial del cuerpo en vista dorsal; marcado con un círculo blanco un falso ocelo. (E) Pie en vista ventral. (F) Mano en vista ventral.

Figure 5. Morphological details of preserved *Nymphargus vignei* sp. nov., holotype. (A, B, C) Head in dorsal, ventral, and lateral views. (D) Partial view of body in dorsal view; note white circle around a false ocellus. (E) Foot in ventral view. (F) Hand in ventral view.

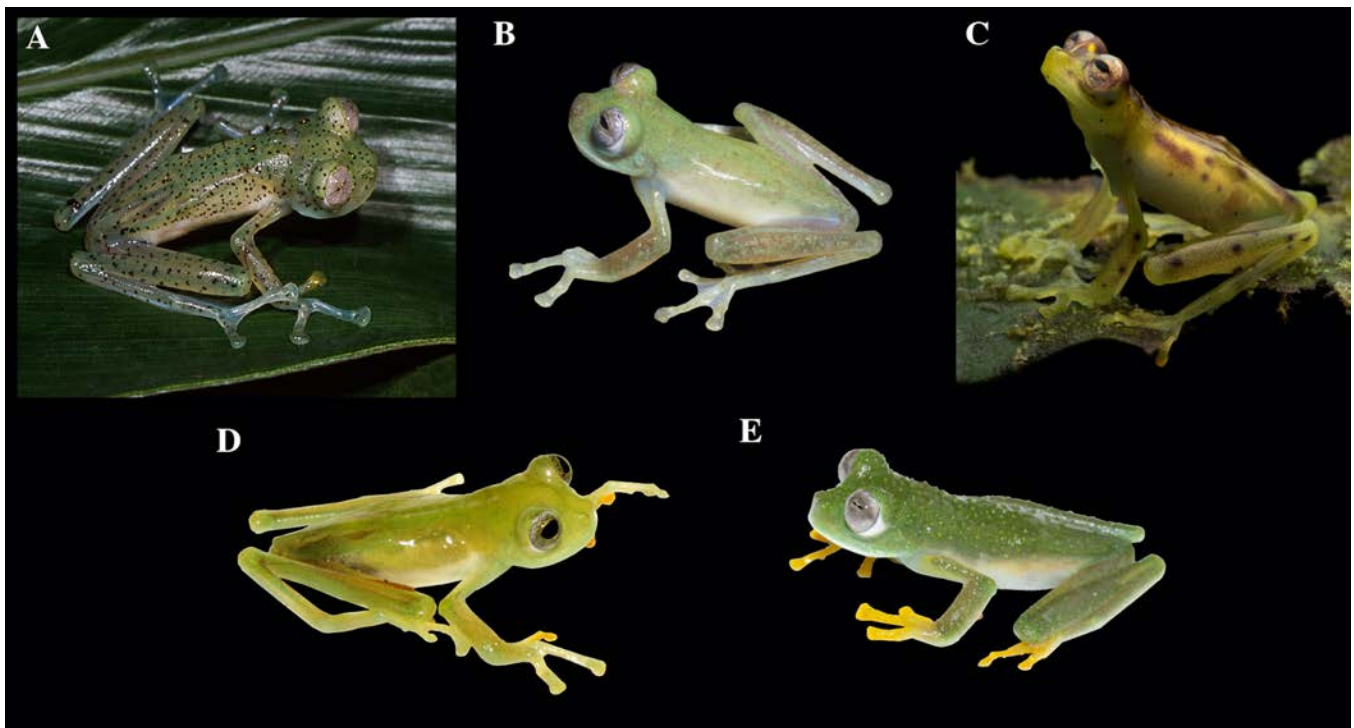


Figura 6. *Nymphargus vignei* sp. nov. y especies similares en vida. (A) *Nymphargus vignei* sp. nov., holotipo. Foto: Greg Vigle. (B) *N. prasinus*, ICN 19645, Foto: John D. Lynch. (C) *N. ballionotus*, ZSFQ 533. Foto: José Vieira. (D) *N. buenaventura*, DHMECN 10982, Foto: Juan Carlos Sánchez Nivicela. (E) *N. chami*, MAR-2869. Foto: Marco Rada.

Figure 6. *Nymphargus vignei* sp. nov. and similar species in life. A. *Nymphargus vignei* sp. nov., holotype. Photo: Greg Vigle. (B) *N. prasinus*, ICN 19645. Photo: John D. Lynch. (C) *N. ballionotus*, ZSFQ 533. Photo: José Vieira. (D) *N. buenaventura*, DHMECN 10982. Photo: Juan Carlos Sánchez Nivicela. (E) *N. chami*, MAR-2869. Photo: Marco Rada.

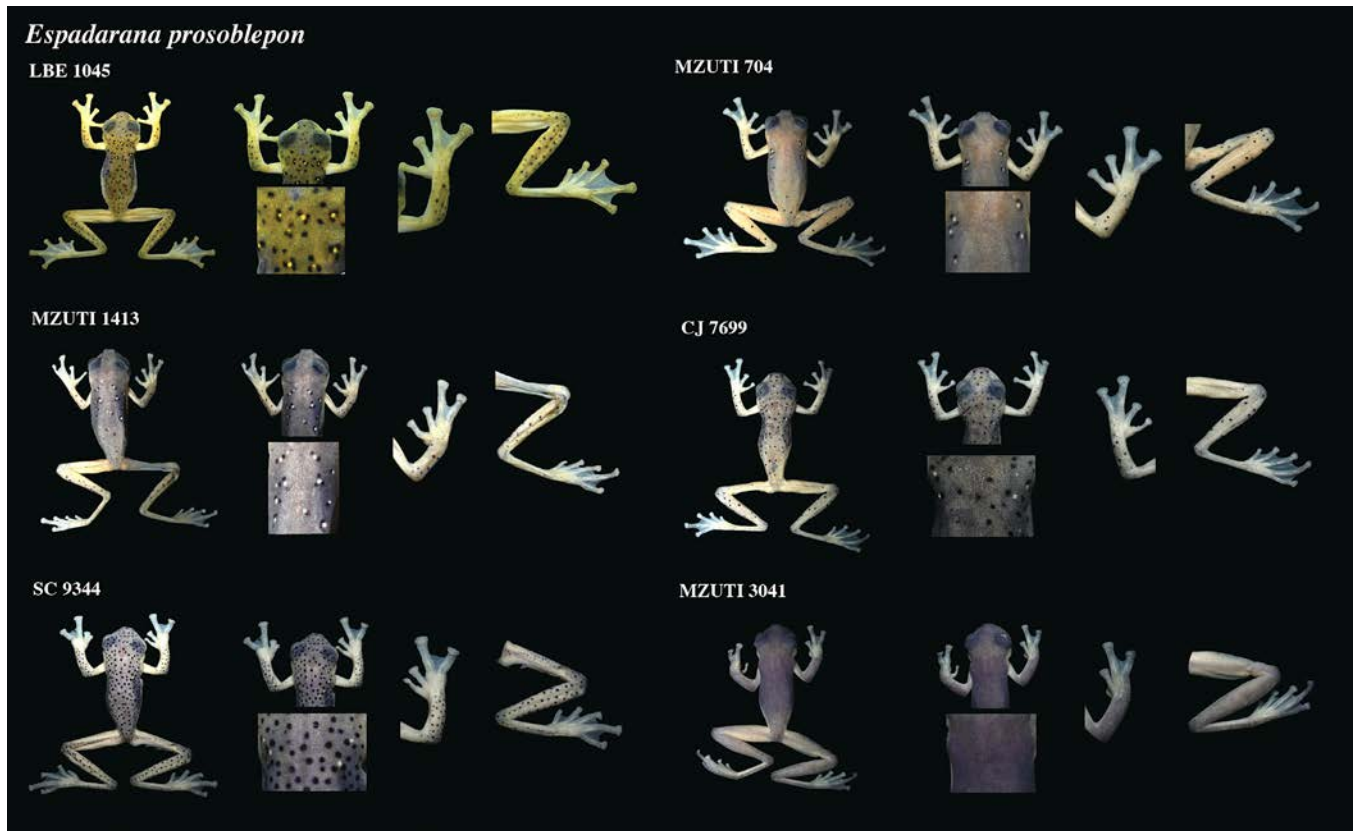


Figura 7. Variación morfológica de *Espadarana prosoblepon* (hembras adultas). Para cada espécimen mostrado, las vistas de izquierda a derecha son: tamaño corporal en vista dorsal, cabeza y acercamiento del patrón de color dorsal, membranas interdigitales en manos y pies. Contraste las membranas interdigitales en manos y forma de la cabeza de *E. prosoblepon* y la nueva especie (mostrada en la Figura 5).

Figure 7. Morphological variation of *Espadarana prosoblepon* (adult females). For each specimen we show, from left to right, the following views: body size in dorsal view, head and close-up of dorsal color pattern, hand webbing, and foot webbing. Contrast hand webbing and head shape of *E. prosoblepon* and the new species (depicted in Figure 5).

Tabla 1. Diferencias entre las especies chocóanas de ranas cristal del género *Nymphargus*. Tamaño corporal (SVL) dado en mm.

Table 1. Differences among Chocóan species of glassfrogs in the genus *Nymphargus*. Body size (SVL) is given in mm.

	Male SVL	Female SVL	Dorsal coloration in life	Skin texture	Source
<i>N. balionotus</i>	19.0–21.0 (n = 6)	21.7–22.0 (n = 2)	Pale green with reddish-brown dorsolateral stripes, small reddish-brown spots, and larger yellow spots	Smooth to shagreen	Duellman (1981), Guayasamin et al. (2020), Maynard et al. (2020)
<i>N. buenaventura</i>	20.9–22.4 (n = 4)	23.5 (n = 1)	Green with minute, scattered pale yellow spots.	Shagreen	Cisneros-Heredia & Yáñez-Muñoz (2007), Guayasamin et al. (2020)
<i>N. chami</i>	30.5–34.6 (n = 6)	37.6 (n = 1)	Green with numerous small white warts	With abundant subconical tubercles	Ruiz-Carranza & Lynch (1995)
<i>N. vignei</i> sp. nov.	Unknown	31.1 (n = 1)	Green with numerous small black flecks and few yellow false ocelli	Shagreen	This study
<i>N. prasinus</i>	31.6–31.8 (n = 3)	Unknown	Uniform dark green	Smooth to shagreen	Duellman (1981)

Description of holotype: Adult female, SVL 31.1 mm. Head slightly wider than long (head length 97% of head width); snout truncate in dorsal and lateral profiles; canthus rostralis indistinct, slightly concave; loreal region slightly concave; lips slightly flared; nostril protuberant, closer to tip of snout than to eye, directed frontolaterally; internarial area barely depressed. Eyes large, directed anterolaterally at an angle $\sim 50^\circ$; transverse diameter of disc of Finger III 55% eye diameter. Supratympanic fold low, obscuring the upper portion of tympanic annulus; tympanum oriented mostly vertically, but with slight posterolateral inclination; tympanic membrane translucent, pigmented as surrounding skin. Dentigerous process of vomer low, situated transversely between choanae, lacking teeth; choanae large, longitudinally rectangular; tongue ovoid, with ventral posterior fifth not attached to floor of mouth and posterior margin slightly notched. Humeral spine absent. Low ulnar folds evident on external and internal ventrolateral margins of arm; relative lengths of fingers: III > IV > II > I; hand webbing absent between inner finger and greatly reduced between outer finger: III 3 — 23/4 IV; discs expanded, nearly elliptical; disc pads nearly triangular shaped; subarticular tubercles of medium size, round, simple; few low supernumerary tubercles present; palmar tubercle elliptical, simple. Length of tibia 63% SVL; low inner and outer tarsal folds evident; foot two-thirds webbed; webbing formula of foot: I 2— —21/3 II 11/4 —22/3 III 11/2 — 3— IV 3—2— V; discs on toes round to elliptical, lacking papillae; disc on Toe IV slightly narrower than disc on Finger III; disc pads almost triangular-shaped; inner metatarsal tubercle large, ovoid; outer metatarsal tubercle absent; supernumerary tubercles absent. Skin on dorsal surfaces of head, body, and lateral surface of head and flanks shagreen, with very few warts, and lacking spicules; throat smooth; belly and lower flanks areolate; cloacal opening directed posteriorly at upper level of thighs; numerous cloacal warts present, unpigmented. Ventral surface of thighs with a pair of enlarged tubercles.

Coloration in life (Figs. 3, 6): Dorsal surfaces of head, body, and limbs are green with numerous black flecks and few false ocelli, which consist of a black outline—formed by the accumulation of flecks—, circling a yellow spot. Dorsally, the distal halves of inner fingers and toes have mustard coloration. The anterior two-thirds of the venter is white, whereas the posterior third is translucent. The iris is silvery white, with numerous minute grey to dark grey spots, especially around the pupil. Bones are green.

Coloration of holotype in ethanol (Fig. 4): Dorsal surfaces of head, body, and limbs cream with numerous dark lavender flecks, some of which cluster to form false ocelli. Anterior two-thirds of venter cream-white, posterior third cream. White pericardium; translucent peritoneal covering digestive tract,

liver, kidneys, gall and urinary bladders. Iris silvery white with minute dark spots.

Measurements of holotype (mm): *Nymphargus vigei* sp. nov., adult female: SVL = 31.1, head length = 9.5, head width = 9.8, snout length = 4.3, interorbital distance = 2.8, upper eyelid width = 2.7, eye diameter = 3.8, tympanum diameter = 1.0, tympanum-eye distance = 2.3, femur = 18.3, tibia = 19.5, foot length = 13.4, hand length = 10.8, disc of Finger III width = 2.1, disc of Toe IV width = 1.8.

Ecology: The single specimen was found resting on a large palm leaf (probably *Heliconia* sp.) approximately 1.2 meters over a very small unnamed tributary stream that feeds a larger stream (in a steep valley) historically known locally as the Río Aguacatal/Duchas. The holotype was collected on the first night of a sampling period that included a total of ten nights in the Aguacatal/Duchas stream valley between July 3 and July 14, 2000. On that first night, two other centrolenid species were observed, including ten individuals of *Espadarana prosoblepon*, and a single specimen of a species that was initially misidentified by Greg O. Vigle as *Cochranella euknemos* (Savage & Starrett 1967), but later described as a paratype of a new species (*Cochranella mache*; Guayasamin & Bonaccorso, 2004).

Over the entire 15-day span of sampling in 2000 (July 1–15), a total of 42 individuals of *E. prosoblepon* were recorded from the Aguacatal/Duchas stream, with an additional 11 records from other areas of the RBB, but no other centrolenid species were found after a total of 85 hours of sampling effort. Later and more extensive survey efforts at the RBB over a span of six years (2004 to 2009) recorded four additional species of centrolenids including *Hyalinobatrachium tatayoi* Castroviejo-Fisher et al. 2007, *H. valerioi* (Dunn 1931), *Sachatamia albomaculata* (Taylor 1949), and *Teratohyla pulverata* (Peters 1873) (Ortega-Andrade et al., 2010), and searches in 2008–2009 alone yielded 129 records of *C. mache* from all localities sampled at the RBB (Ortega-Andrade et al., 2013). Despite those efforts, no additional records of the new species described herein are currently known from the RBB, or from any other locality. A complete list of the amphibians documented at RBB is included in Appendix II.

Distribution (Fig. 2): *Nymphargus vigei* sp. nov. is known from a single locality at Reserva Biológica Bilsa (0.3447°N, 79.7100°W; 510 m), a private reserve within the Reserva Ecológica Mache-Chindul, Esmeraldas Province, Ecuador. Given that glassfrog species tend to occupy narrow elevational gradients (Guayasamin et al., 2020), it is likely that the new species is restricted to the remnant forest of the Chocó.

Conservation status: Following IUCN (2012) criteria, we place *Nymphargus vignei* sp. nov. in the category of Critically Endangered, which means that the species is facing an extremely high risk of extinction. The new species meets the criterion B1a, B2a (known from a single locality) and B1biii, B2biii (continuing decline inferred from habitat loss and fragmentation). The main threats for this species are habitat destruction linked to timbering, cattle farming, cacao, and African oil palm plantations. Also, evidence suggests that *N. vignei* sp. nov. is a rare species; several herpetological studies have conducted extensive fieldwork at Reserva Biológica Bilsa and nearby localities (Guayasamin & Bonaccorso, 2004; Ortega-Andrade et al., 2010, 2013; Vigne et al., 2020; Jones et al., 2024), but no additional individuals have been found. The rarity of *N. vignei* sp. nov., especially at well-preserved areas such as Bilsa Reserve is difficult to explain; the species could be naturally rare and/or inhabit the forest canopy, making it challenging to observe. Surveys at canopy level would certainly give us insights about the ecology of the Chocoan amphibian community. We also note that this apparent scarcity of some glassfrog species in nature is reflected in the high number of singleton descriptions (see Discussion).

A recent worrisome event is that the Jatun Sacha foundation, which used to manage the more than 3,000 ha of Reserva Biológica Bilsa, has abandoned the location. As a consequence, there have been several invasions into the Reserva, which have required the intervention of the police and military force. The current situation requires strong support and funding of the Reserva Ecológica Mache-Chindul by the Ecuadorian government and NGOs. On the positive side, FCAT (Fundación para la Conservación de los Andes Tropicales) is working in an area nearby the type locality of the new species, protecting and restoring critical habitats.

DISCUSSION

Singleton descriptions are, oftentimes, justified

Tropical biodiversity contains large proportions of rare species (Magurran & Henderson, 2003; Cooper et al., 2024). Thus, as a logical consequence, it is expected that collections will house numerous specimens representing such rare taxa. Taxonomists have the responsibility to describe them and, at the same time, minimize the possibility of generating invalid species.

Species descriptions based on one specimen —known as ‘singletons’— are relatively common. Lim et al. (2012) in their review of descriptions published between 2000 and 2010 found that 30 % of invertebrates and 19 % of vertebrates are singletons. Within *Nymphargus*, 8 out of the 43 described species are singletons (19 %); in other words, almost 1 in every 5 species

was originally described with a single specimen, which means that singletons, in this glassfrog genus, are relatively common. Although these descriptions are problematic in many ways (e.g., lack of information regarding intraspecific variation such as polymorphisms, ontogenetic changes, and sexual dimorphism), we concur with Köhler & Padial (2016) in that the advantages of recognizing well-supported singleton species as targets for further research and conservation greatly surpass the inconveniences of naming them. We argue that simple guidelines should reduce taxonomic errors when describing singletons (modified from Köhler & Padial, 2016; Guayasamin et al., 2018): (i) morphological diagnosis should be based on traits that present low intraspecific variation in the group of study; (ii) whenever is possible, different datasets should be included the description (e.g., morphological, acoustic, molecular, ecological, biogeographic); (iii) use of specimens that do not show evidence of poor preservation (e.g., dry, twisted, rotten specimens); (iv) precise locality data for accurate comparison with similar species. *Nymphargus vignei* sp. nov. falls within the argumentation explained above, with morphological and biogeographical data supporting its validity. Its recognition also adds to the list of species endangered by the destruction of the Chocó (see below).

The Chocó – An Endangered Ecosystem

The species that inhabit the Chocó face the challenge to survive in one of the most endangered ecosystems of South America (Orme et al., 2005). Deforestation and forest fragmentation within the Ecuadorian Chocó has been rapid and ongoing since the 1960s, mainly because of agriculture and logging (Sierra & Stallings 1998; Fagua et al., 2019; Finer & Mamani 2020) and, more recently, mining (Mestanza-Ramón et al., 2021). Our results show that between 1985–2022 a total of 194,007 hectares of the Ecuadorian Chocó forest have been deforested, which represents an average loss of 5,243 ha/year. The highest forest losses are located in the provinces of Esmeraldas (including the type locality of *Nymphargus vignei* sp. nov.) and Manabí (Fig. 8). Although some time periods have shown a slight increase in vegetation cover (1985–1995, 2000–2005), during the last 15 years (2005–2020), the Ecuadorian Chocó has shown a negative rate of change and an average annual deforestation of 5.4%. In particular, the period 2010–2015 shows the highest reduction in vegetation, with an average annual deforestation of 7.9 % (Table 2). Based on the most recent vegetation cover data (year 2022), the Ecuadorian Chocó has a total forest cover of only 779,581 hectares, which we estimate will be reduced to 742,649 hectares during 2024. This means that in less than 40 years, the Chocó has lost 20 % of its extension, this has a relationship with high population densities and human activities (Kleemann et al., 2022).

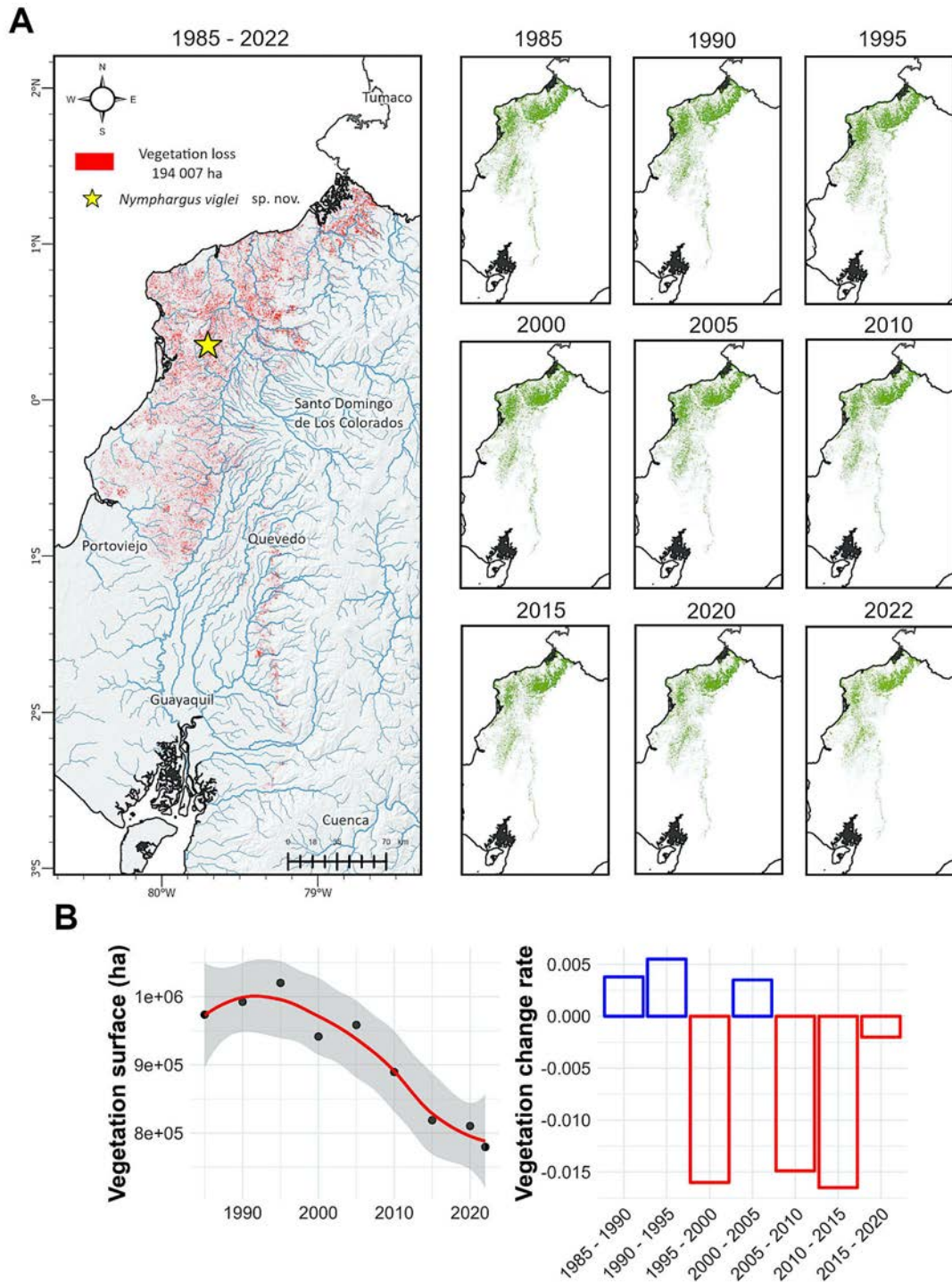


Figura 8. (A) Cambios en la cobertura vegetal en el Chocó ecuatoriano de 1985 to 2022. (B, izquierda) Dinámica temporal de la superficie de vegetación en la bioregión del Chocó ecuatoriano. (B, derecha) Tasa de cambio en la superficie de vegetación a través del tiempo.

Figure 8. (A) Changes in vegetation cover in the Ecuadorian Chocó from 1985 to 2022. (B, left) Temporal dynamics of the vegetation surface in the Ecuadorian Chocó bioregion. (B, right) Rate of change in vegetation surface over time.

Tabla 2. Tasa de cambio de vegetación y promedio de deforestación en el Chocó ecuatoriano. Valores negativos (-) están relacionados con deforestación, mientras que los positivos (+) representan ganancias en la cobertura vegetal.

Tabla 2. Rate of vegetation change and average deforestation in the Ecuadorian Chocó. Negative (-) values are related to deforestation, whereas positive (+) values represent gain in forest cover.

Years	Rate of change	Annual vegetation change (hectares)	Percentage of deforestation (%)
1985–1990	0.0038	3760	-
1990–1995	0.0055	5559	-
1995–2000	-0.016	-15727	7.7
2000–2005	0.0035	3384	-
2005–2010	-0.0149	-13814	7.2
2010–2015	-0.0165	-14125	7.9
2015–2020	-0.002	-1702	1

The accelerated rate of deforestation in the Chocó is an imminent threat to biodiversity and ecosystem services in the region. This habitat loss is leading to the extinction of Chocó flora lineages that have diversified since the Pliocene (~ 5 million years ago), as well as numerous endemic fauna species (Pérez-Escobar et al., 2019). Current deforestation is driven by illegal mining, monocultures, and timber extraction, which are combined with increasing levels of violence. Thus, strengthening the Reserva Ecológica Mache-Chindul is imperative. Additionally, recent analyzes (Lessmann et al., 2014; Cuesta et al., 2017) shows that many important areas of high biodiversity in the Chocó remain without any protection. We highlight that eradicating illegal activities and violence in the regions should be a priority. This includes restricting those activities in areas of high ecological sensitivity. The persistence of Chocoan endemics, such as *Nymphargus viglei* sp. nov., depends on the urgent conservation of this ecosystem.

Acknowledgements.— We thank Adrián Rodríguez-Meza for support on MapBiomias. MVY thanks the Research Grants (Grant ID 26379) from the Masters in Tropical Ecology and Conservation at Universidad San Francisco de Quito. JMG thanks Universidad San Francisco de Quito for constant support to his research (ID 5467, 16871, 16808). We thank curators and collections managers of the following institutions for grant access to the herpetological collections: CJ (Andrea Terán, Luis A. Coloma), DHMECN (Mario Yáñez-Muñoz), ICN (John D. Lynch), MZUTI (Mónica Páez, David Salazar), ZSFQ (Carolina Reyes-Puig, Diego F. Cisneros), and KU (Linda Trueb, Rafe Brown). For photos included in this work, we thank Jose Vieira, Juan Carlos Sánchez Nivicela, and Marco Rada. For the illustration of the new species, we thank Valentina Nieto Fernández.

LITERATURE CITED

- Barbour, T. 1905. The vertebrata of Gorgona Island, Colombia: Reptilia; Amphibia. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology 46:98-102.
- Boettger, O. 1892. Katalog der Batrachier-Sammlung im Museum der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft in Frankfurt am Main. Gebrüder Knauer, Frankfurt, Deutschland.
- Boulenger, G.A. 1898. An account of the reptiles and batrachians collected by Mr. W.F.H. Rosenberg in Western Ecuador. Proceedings of the Zoological Society of London 1898:107-126.
- Boulenger, G.A. 1899. Descriptions of new batrachians in the collection of the British Museum (Natural History). Annals and Magazine of Natural History 3:273-277.
- Boulenger, G.A. 1902. Descriptions of new batrachians and reptiles from north western Ecuador. Annals and Magazine of Natural History 9:51-57.
- Boulenger, G.A. 1913. On a collection of batrachians and reptiles made by Dr. H.G.F. Spurrell, F.Z.S., in the Choco, Colombia. Proceedings of the Zoological Society of London 1913:1019-1038.
- Castroviejo-Fisher, S., J. Ayarzagüena & C. Vilà. 2007. A new species of *Hyalinobatrachium* (Centrolenidae: Anura) from Serranía de Perijá, Venezuela. Zootaxa 1441:51-62.
- Castroviejo-Fisher, S., J.M. Guayasamin, A. Gonzalez-Voyer & C. Vilà. 2014. Neotropical diversification seen through glassfrogs. Journal of Biogeography 41:66-80.

- Cisneros-Heredia, D.F. & R.W. McDiarmid. 2007. Revision of the characters of Centrolenidae (Amphibia: Anura: Athesphatanura), with comments on its taxonomy and the description of new taxa of glassfrogs. *Zootaxa* 1572:1-82.
- Cisneros-Heredia, D.F. & M.H. Yáñez-Muñoz. 2007. A new species of glassfrog (Centrolenidae) from the southern Andean foothills on the West Ecuadorian region. *South American Journal of Herpetology* 2:1-10.
- Cochran, D.M. & C.J. Goin. 1970. Frogs of Colombia. *Bulletin of the United States National Museum* 288:1-655.
- Coloma, L.A. 1995. Ecuadorian frogs of the genus *Colostethus* (Anura: Dendrobatidae). University of Kansas, Natural History Museum. *Miscellaneous Publications* 87:1-75.
- Cope, E.D. 1862. On some new and little known American Anura. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 14:151-159.
- Cuesta, F., M. Peralvo, A. Merino-Viteri, M. Bustamante, F. Baquero, J.F. Freile & O. Torres-Carvajal. 2017. Priority areas for biodiversity conservation in mainland Ecuador. *Neotropical Biodiversity* 3:93-106.
- De Queiroz, K. 2007. Species concepts and species delimitation. *Systematic Biology* 56:879-886.
- Duellman, W.E. 1981. Three new species of centrolenid frogs from the Pacific versant of Ecuador and Colombia. *Occasional Papers of the Museum of Natural History, University of Kansas* 88:1-9.
- Dunn, E.R. 1931. New frogs from Panama and Costa Rica. *Occasional Papers of the Boston Society of Natural History* 5:385-401.
- Dunn, E.R. 1943. An extraordinary new *Hyla* from Colombia. *Caldasia* 2:309-311.
- Fagua, J.C., J.A. Baggio & R.D. Ramsey. 2019. Drivers of forest cover change in the Chocó-Darien Global Ecoregion of South America. *Ecosphere* 10:e02648.
- Flores, G. 1988. Two new species of Ecuadorian *Eleutherodactylus* (Leptodactylidae) of the *E. crucifer* assembly. *Journal of Herpetology* 22:34-41.
- Finer, M. & N. Mamani. 2020. Amazon Deforestation Hotspots 2020. *Monitoring of the Andes Amazon Program, MAAP*:132.
- 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. [Accessed on 01 September 2024].
- Funkhouser, J.W. 1956. New frogs from Ecuador and southwestern Colombia. *Zoologica* 41:73-80.
- Fowler, H.W. 1913. Amphibians and reptiles from Ecuador, Venezuela, and Yucatan. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 65:153-176.
- Goin, C.J. 1961. Three new centrolenid frogs from Ecuador. *Zoologischer Anzeiger* 166:95-104.
- Guayasamin, J. M. & E. Bonaccorso. 2004. A new species of glass frog (Centrolenidae: *Cochranella*) from the lowlands of northwestern Ecuador, with comments on the *Cochranella granulosa* group. *Herpetologica* 60:85-94.
- Guayasamin, J.M., M.R. Bustamante, D. Almeida-Reinoso & W.C. Funk. 2006a. Glass frogs (Centrolenidae) of Yanayacu Biological Station, Ecuador, with the description of a new species and comments on centrolenid systematics. *Zoological Journal of the Linnean Society* 147:489-513.
- Guayasamin, J.M., S. Castroviejo-Fisher, L. Trueb, J. Ayarzagüena, M. Rada & C. Vilà. 2009. Phylogenetic systematics of Glassfrogs (Amphibia: Centrolenidae) and their sister taxon *Allophryne ruthveni*. *Zootaxa* 2100:1-97.
- Guayasamin, J.M., A. Arteaga & C.R. Hutter. 2018. A new (singleton) rainfrog of the *Pristimantis myersi* group (Amphibia: Craugastoridae) from the northern Andes of Ecuador. *Zootaxa* 4527:323-334.
- Guayasamin, J.M., D.F. Cisneros-Heredia, R. W. McDiarmid, P. Peña & C. R. Hutter. 2020. Glassfrogs of Ecuador: Diversity, evolution, and conservation. *Diversity* 12:1-285.
- Guayasamin, J.M., R.M. Brunner, A. Valencia-Aguilar, D. Franco-Mena, E. Ringler, A.M. Armijos & J. Culebras. 2022. Two new glassfrogs (Centrolenidae: *Hyalinobatrachium*) from Ecuador, with comments on the endangered biodiversity of the Andes. *PeerJ* 10:e13109.
- 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* 37:269-348.
- Hutter, C.R. & J.M. Guayasamin. 2012. A new cryptic species of glassfrog (Centrolenidae: *Nymphargus*) from Reserva Las Gralarias, Ecuador. *Zootaxa* 3257:1-21.
- Hutter, C.R., J.M. Guayasamin & J.J. Wiens. 2013. Explaining Andean megadiversity: the evolutionary and ecological causes of glassfrog elevational richness patterns. *Ecology Letters* 16:1135-1144.
- Jiménez de la Espada, M. 1875. Vertebrados del Viaje al Pacífico Verificado de 1862 a 1865 por una Comisión de Naturalistas Enviada por el Gobierno Español. Batracios. A. Miguel Ginesta. Madrid, España.
- Jones, S.H., D. Franco-Mena, D. Zambrano Cantos, J.C. Llor Vélez, C. Aulestia, R. A. Zahawi & J.M. Guayasamin. 2024. Range expansion for the Critically Endangered poison-dart frog *Leucostethus bilsa* Vigle et al., 2020 (Amphibia, Dendrobatidae), demonstrating the importance of small forest reserves in the Ecuadorian Chocó. *Check List* 20:853-858.
- Jongsma, G.F.M., R.W. Hedley, R. Duraes & J. Karubian. 2014. Amphibian diversity and species composition in relation to habitat type and alteration in the Mache-Chindul Reserve, northwest Ecuador. *Herpetologica* 70:34-46.
- Köhler, J. & J.M. Padial. 2016. Description and phylogenetic position of a new (singleton) species of Oreobates Jiménez de la Espada, 1872 (Anura: Craugastoridae) from the Yungas of Cochabamba, Bolivia. *Annals of Carnegie Museum* 84:23-38.
- Lim, G.S., M. Balke & R. Meier. 2012. Determining species boundaries in a world full of rarity: singletons, species delimitation methods. *Systematic Biology* 61:165-169.
- Lynch, J.D. & W.E. Duellman. 1973. A review of the Centrolenid frogs of Ecuador, with descriptions of new species. *Occasional Papers of the Museum of Natural History, The University of Kansas* 16:1-66.
- Lynch, J.D. 1974. A new species of *Eleutherodactylus* (Amphibia: Leptodactylidae) from the Pacific lowlands of Ecuador. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 87:381-388.
- Lynch, J.D. & P.M. Ruiz-Carranza. 1996. A remarkable new centrolenid frog from Colombia with a review of nuptial excrescences in the family. *Herpetologica* 52:525-535.
- Magurran, A. & P. Henderson. 2003. Explaining the excess of rare species in natural species abundance distributions. *Nature* 422:714-716.
- Maynard, R.J., S.J. Trageser, S. Kohn, P.S. Hamilton, J. Culebras & J.M. Guayasamin. 2020. Discovery of a reproducing population of the Mindo Glassfrog, *Nymphargus balionotus* (Duellman, 1981), at the Río Manduriacu Reserve, Ecuador, with a literature review and comments on its natural history, distribution, and conservation status. *Amphibian & Reptile Conservation* 14:172-184.
- MapBiomas Ecuador Project - Collection 1.0 of the Annual Land Cover and Land Use Series for Ecuador. Available at: <http://ecuador.mapbiomas.org>. [Accessed on 01 August 2024].
- Menéndez-Guerrero, P.A., S.P.L. dos Santos, M.-J. Salazar-Nicholls, D.M. Green & S.R. Ron. 2024. Cryptic diversity in toads of the *Rhinella marina* species group (Anura, Bufonidae) with a subjectively beautiful new species from Western Ecuador. *Zoological Journal of the Linnean Society* 197:1-26.
- Mestanza-Ramón, C., S. Paz-Mena, C. López-Paredes, M. Jimenez-Gutierrez, G. Herrera-Morales, G. D'Orio & S. Straface. 2021. History, current situation and challenges of gold mining in Ecuador's litoral region. *Land* 10:1220.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). 2012. Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito 5:65-74.
- Orme, C. D. L., R. G. Davies, M. Burgess, F. Eigenbrod, N. Pickup, V. A. Olson, A. J. Webster, T. Ding, P. C. Rasmussen, R. S. Ridgely, A. J. Stattersfield, P. M. Bennett, T. M. Blackburn, K. J. Gaston & I. P. F. Owens. 2005. Global hotspots of species richness are not congruent with endemism or threat. *Nature* 436:1016-1019.
- Ortega-Andrade, M.H., J. Bermingham, C. Aulestia & C. Paucar. 2010. Herpetofauna of the Bilsa Biological Station, province of Esmeraldas, Ecuador. *Check List* 6:119-154.
- Ortega-Andrade, H.M., O. Rojas-Soto & C. Paucar. 2013. Novel data on the ecology of *Cochranella mache* (Anura: Centrolenidae) and the importance of protected areas for this critically endangered glassfrog in the Neotropics. *PLoS ONE* 8:1-13.
- Pérez-Escobar, O.A., E. Lucas, C. Jaramillo, A. Monro, S. K. Morris, D. Bogarín & A. Antonelli. 2019. The origin and diversification of the hyperdiverse flora in the Chocó biogeographic region. *Frontiers in Plant Science* 10:1328.



- Peters, W.C.H. 1873. Über eine neue Schildkrötenart, *Cinosternon Effeldtii* und einige andere neue oder weniger bekannte Amphibien. Monatsberichte der Königlichen Preussische Akademie des Wissenschaften zu Berlin 1873:603-618.
- Puyravaud, J.P. 2003. Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management* 177:593-596.
- Ruiz-Carranza, P.M. & J.D. Lynch. 1995. Ranas Centrolenidae de Colombia VI. Cuatro nuevas especies de *Cochranella* de la Cordillera Occidental. *Lozania* 63:1-15.
- Savage, J.M. & W.R. Heyer. 1967. Variation and distribution in the tree-frog genus *Phyllomedusa* in Costa Rica, central America: With 6 figures. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 5:111-131.
- Savage, J.M. & P.H. Starrett. 1967. A new fringe-limbed tree-frog (family Centrolenidae) from lower Central America. *Copeia* 1967:604-609.
- Sierra, R. & J. Stallings. 1998. The dynamics and human organization of tropical deforestation in Northwest Ecuador, 1983-1995. *Human Ecology* 26:135-161.
- Sierra, R. 1999. Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia, Quito, Ecuador.
- Simpson, G.G. 1951. The species concept. *Evolution* 5:285-298.
- Simpson, G.G. 1961. *Principles of Animal Taxonomy*. Columbia University Press, New York, USA.
- Taylor, E.H. 1949. Costa Rican frogs of the genera *Centrolene* and *Centrolenella*. *University of Kansas Science Bulletin* 33:257-270.
- Tanner, W.W. 1962. A new *Bolitoglossa* (salamander) from southern Panama. *Herpetologica* 18:18-20.
- Thomiot, A. 1884. Note sur un batracien d'espèce nouvelle provenant de Panama. *Bulletin de la Société Philomathique de Paris. Series 7*, 8:151-152.
- Vaillant, L. 1911. Cheloniens et batraciens urodèle, recueillis par M. le Dr. Rivet. Mission du Service Géographique de l'Armée pour la Mesure d'un Arc de Méridien Equatorial en Amérique du Sud. Volume 9 (Zoologique). Part 2 (Reptiles, Poisson, Batraciens):45-60.
- Vigle, G.O. 2008. The amphibians and reptiles of the Estación Biológica Jatun Sacha in the lowland rainforest of Amazonian Ecuador: A 20-year record. *Breviora* 515:1-30.
- Vigle, G.O. & K. Miyata. 1980. A new species of *Dendrobates* (Anura: Dendrobatidae) from the lowland rain forests of western Ecuador. *Breviora*. Museum of Comparative Zoology, Cambridge, Massachusetts 459:1-7.
- Vigle, G.O., L.A. Coloma, J.C. Santos, S. Hernandez-Nieto, H.M. Ortega-Andrade, D.J. Paluh & M. Read. 2020. A new species of *Leucostethus* (Anura: Dendrobatidae) from the Cordillera Mache-Chindul in northwestern Ecuador, with comments on similar *Colostethus* and *Hyloxalus*. *Zootaxa* 4896:342-372.
- Werner, F. 1901. Ueber Reptilien und Batrachier aus Ecuador und Neu Guinea. *Verhandlungen des Zoologisch-Botanischen Vereins in Wien* 51:593-614.
- Wiley, E.O. 1978. The evolutionary species concept reconsidered. *Systematic Zoology* 27:88-92.



Apéndice 1. Specimens examined.

Appendix 1. Specimens examined.

Espadarana prosoblepon: Ecuador: Provincia de Azuay: 12.9 km W Luz María (2.6889°S, 79.474°W, 740 m), KU 217502, QCAZ 12603-04; Provincia de Bolívar: Balzapamba (1.7667°S, 79.1833°W, 800 m), KU 132555-56, 132462-65; Provincia de Carchi: near Maldonado (0.9 °N, 78.1°W, 1410 m), KU 178156-57; Río Chinambí (0.828°N, 78.297°W; 1045 m), CJ 8543. Provincia de Cotopaxi: km 8 of the Pucayacu-Sigchos road (1.0097°S, 79.23769°W), QCAZ 40674; Reserva Natural Pristirana (0.425°S, 78.959°W; 1488 m), CJ 10976. Provincia de Esmeraldas: Reserva Itapoa (0.3447°N, 79.1348°W, 411 m), MZUTI 3041; Reserva Biológica Bilsa (0.3447°S, 79.71°W, 500 m), KU 291165-75, QCAZ 22414-17; Viruela, QCAZ 10267; Reserva Biológica Bilsa (0.3447°S, 79.71°W,

500 m), KU 291165–75; Reserva Ecológica Cotacachi-Cayapas, Charco Vicente (0.792°N, 79.1978°W, 60 m), QCAZ 11364–65; 5 km W of Durango (1.0858°N, 78.74°W), QCAZ 13206, 13212, 13242. Provincia de El Oro: near Valle Hermoso (3.50194°S, 79.81722°W, 379 m), QCAZ 37249; Río Chillayacu (3.32834°S, 79.58102°W, 395 m), 16.8 km W of Piñas (3.667°S, 79.667°W, 600 m), USNM 286738–39. Provincia del Guayas: Chongon-Colonche hills near Guayaquil, (ca. -2.1°S, -80.15°W), USNM 288438; Provincia de Imbabura: near Lita (0.833°N, 78.4667°W, 520 m), KU 133482–83; 6 km E of Lita (0.79472°N, 78.4286°W), QCAZ 4318–19; Zona de amortiguamiento de Reserva Cotacachi Cayapas, near Río Aguas Verdes (0.331010°N, 78.93152°W; 670 m), QCAZ 46009; km 5 in the Lita-Ibarra road (0.84773°N, 78.42175°W), QCAZ 39919; Bosque Protector Los Cedros (0.303°N, 78.787°W; 1332 m), CJ 7699; Intag, sector Junín (0.2783°N, 78.6675°W; 1380 m), CJ 5230; Cabañas EcoJunín (0.2795°N, 78.6682°W; 1302 m), CJ 10999, 11006; Reserva Junín (0.3116°N, 78.659°W; 1707 m), SC 11556; Manduriacu (0.2984°N, 78.86°W; 1133 m), CJ 14134, 14136. Provincia de Los Ríos: Estación Biológica Río Palenque, 56 km N of Quevedo (0.55°S, 79.3667°W, 220 m), KU 164616–22. Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas: Río Orito, on the Toachi-Chiriboga road (0.30561°S, 78.882°W, 1315 m), QCAZ 15356; Río Faisanes, on the Toachi-Chiriboga road (0.2608°S, 78.845°W, 1400 m), QCAZ 15357, 15360, 15362; La Florida (0.28361°S, 79.0189°W), QCAZ 20726–28, 20730–32; Otongachi, near La Unión del Toachi (0.3167°S, 78.95°W, 900 m), QCAZ 25094; 5 km NE of La Florida (0.25694°S, 79.0539°W), QCAZ 7184–893; 4 km NE of the Dos Ríos–Chiriboga road (0.305139°S, 78.884333°W, 1270 m), QCAZ 31982; Santo Domingo de los Colorados (0.25°S, 79.15°W, 660 m), KU 121054–55; 4 km NE of Dos Ríos (0.30278°S, 78.8678°W, 1140 m), KU 164623–34; 2 km E and 1 km S of Santo Domingo de los Colorados (0.24512°S, 79.15509°W, 600 m), KU 178158–66; La Palma (0.3167°S, 78.9167°W, 920 m), KU 178167. Provincia de Manabí: Jama-Coaque (0.1221°S, 80.1179°W; 569 m), MZUTI 4113. Provincia de Pichincha: Mindo, Santuario de las Cascadas (0.0854°S, 78.7640°W; 1418 m), MZUTI 2270; Mindo, Sachatamia Lodge (0.0237°S, 78.7584°W; 1683 m), MZUTI 1413; Cascadas de Mindo (0.07917°S, 78.7634°W; 1392 m), MZUTI 704; Reserva Maquipucuna (0.12429°N, 78.62936°W, 1343 m), QCAZ 42179; 6 km NW (by air) of Pedro Vicente Maldonado (0.10421°N, 79.10279°W, 544 m), QCAZ 35430; La Concordia, Bosque Protector La Perla (0.01°N, 79.4°W, 190 m), QCAZ 12602; Reserva Mashpi (0.1667°N, 78.879°W; 900 m), CJ 2699; Comunidad Mashpi (0.1826°N, 78.9087°W; 555 m), CJ 974.

Nymphargus balionotus: Ecuador: Provincia de Carchi: Cabeceras del Río Baboso (00°53'°N, 78°27'°W, 1400 m), DHMECN 0865. Provincia de Pichincha: 3.5 km NE Mindo (0.0322°S, 78.761°W, 1540 m), KU 164702 (holotype), 164701, 164703–11.

Provincia de Imbabura: Reserva Río Manduriacu, 1240–1254 m, ZSFQ 0531–33.

Nymphargus buenaventura: Ecuador: Provincia de El Oro: Reserva Buenaventura (03°38'°S, 79°45'°W, 1200 m), DHMECN 3563 (holotype), 2524, 3561, 3562 (paratypes).

Nymphargus chami: Colombia: Departamento de Risaralda: Municipio de Mistrató, Corregimiento Puerto de Oro, quebradas Carbones y Ventanas, vertiente occidental de la Cordillera Occidental (5°25'°N, 76°0'°W), 1060–1140 m, ICN 32079 (holotype).

Nymphargus griffithsi: Ecuador: Provincia de Cotopaxi: 11.5 km W of Pilaló (0.94815°S, 78.989633°W; 1500 m), QCAZ 34113; Provincia de Pichincha: Río Saloya, 1219 m, BMNH 1940.2.20.4 (holotype), BMNH 1940.2.20.3 (paratype); km 14 on the San Juan de Chillogallo–Chiriboga road (0.275895°S, 78.721647°W; 2120 m), QCAZ 29531; km 16 on the San Juan de Chillogallo–Chiriboga road (0.278161°S, 78.706067°W; 2430 m), QCAZ 29524–30; La Victoria (0.16285°S, 77.909667°W; 2104 m), QCAZ 24801; Tandapi (0.416388°S, 78.7988°W), QCAZ 351, KU 118009–20; Reserva Las Galarias “Hercules Giant Tree Frog Creek” (0°01.529°S, 78°42.243°W, 2175 m), MZUTI 100, 102, 099; Reserva Las Galarias “Five Frog Creek” (0°01.870°S, 78°42.358°W, 2150 m), MZUTI 101; Reserva Las Galarias “Heloderma Creek” (0°01.245°S, 78°42.370°W, 2200 m), MZUTI 098; 1 km SW San Ignacio (0.44861°S, 78.74777°W; 1920 m), KU 178108–21; 3.5 NE Mindo (0.03222°S, 78.76138°W; 1340 m), KU 164564–76; 5 km ESE Chiriboga (0.245277°S, 78.7261°W; 2010 m), KU 164519–37; 5.6 km SE Tandayapa (0.0333°S, 78.7166°W; 1910 m), KU 202792. Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas: 14 km W of Chiriboga (0.26527778°S, 78.847778°W; 1960 m), KU 164544–63; 4 km W Chiriboga (0.24277°S, 78.7855°; 2120 m), KU 142649.

Nymphargus lasgalarias: Ecuador: Provincia de Cotopaxi: Bosque Integral Otonga (0.55°S, 79.46667°W, 2000 m), QCAZ 13115; Reserva Otonga (0.676°S, 76.397°W, 1950 m), QCAZ 11689–90. Provincia Imbabura: Provincia de Pichincha: Five Frog Creek (0°01.870°S, 78°42.358°W, 2150 m) at Reserva Las Galarias, MZUTI 096 (holotype), MZUTI 091–095, 097; Kathy's Creek (0°01.398°S, 78°43.772°W, 2000 m), Reserva Las Galarias, MZUTI 091–095; Hercules Giant Tree Frog Creek (0°01.529°S, 78°42.243°W, 2175 m), Reserva Las Galarias, MZUTI 097; Nanegal Grande (0.1167°N, 78.6667°W, 2300 m), QCAZ 46012; 9 km SE Tandayapa (0.01667°S, 78.6833°W, 2160 m), KU 164577–87.

Nymphargus prasinus: Colombia: Departamento de Valle: Río Calima, 1.5 km (by road) west of Lago Calima (4° 00'°N, 76° 35'°W, 1230 m), KU 169691–93 (type series).

Apéndice 2. Anfibios documentados en la Reserva Biológica Bilsa. Los registros provienen de las siguientes fuentes: Ortega-Andrade et al. (2010), Guayasamin & Bonaccorso (2004), Jongsma et al. (2014), Guayasamin et al. (2020), Vigle et al. (2020) and Frost, 2024.

Appendix 2. Amphibians documented in Reserva Biológica Bilsa. Records come from: Ortega-Andrade et al. (2010), Guayasamin & Bonaccorso (2004), Jongsma et al. (2014), Guayasamin et al. (2020), Vigle et al. (2020) and Frost, 2024.

Bufonidae: *Rhaebo haematiticus* (Cope 1862), *Rhinella alata* (Thomassinot 1884), *Rhinella bella* Menéndez-Guerrero, Santos, Salazar-Nicholls, Green & Ron 2024.

Centrolenidae: *Cochranella mache* Guayasamin & Bonaccorso 2004, *Espadarana prosoblepon* (Boettger 1892), *Hyalinobatrachium tatayoi* Castroviejo-Fisher, Ayarzagüena & Vilà 2007, *H. valerioi* (Dunn 1931), *Sachatamia albomaculata* (Taylor 1949), and *Teratohyla pulverata* (Peters 1873).

Dendrobatidae: *Epipedobates boulengeri* (Barbour 1905), *Hyloxalus awa* (Coloma 1995), *Leucostethus bilsa* Vigle et al. 2020, *Oophaga sylvatica* (Funkhouser 1956), *Paruwrobates erythromos* (Vigle & Miyata 1980).

Hylidae: *Agalychnis spurrelli* Boulenger 1913, *Boana pellucens* (Werner 1901), *Boana picturata* (Boulenger 1899), *Boana rosenbergi* (Boulenger 1898), *Ecnomiohyla phantasmagoria* (Dunn 1943), *Scinax quinquiefasciatus* (Fowler 1913), *Smilisca phaeota* (Cope 1862).

Leptodactylidae: *Leptodactylus labrosus* Jiménez de la Espada 1875, *Leptodactylus rhodomerus* Heyer 2005.

Strabomantidae: *Pristimantis achatinus* (Boulenger 1898), *P. latidiscus* (Boulenger 1898), *P. muricatus* (Lynch & Miyata 1980), *P. rosadoi* (Flores 1988), *P. subsigillatus* (Boulenger 1902), *P. walkeri* (Lynch 1974).

Plethodontidae: *Bolitoglossa biseriata* Tanner 1962, *Bolitoglossa sima* (Vaillant 1911).

A JOURNEY THROUGH THE AMPHIBIAN AND REPTILE COLLECTIONS AT THE INSTITUTO HUMBOLDT IN COLOMBIA

UN VIAJE POR LAS COLECCIONES DE ANFIBIOS Y REPTILES DEL INSTITUTO HUMBOLDT EN COLOMBIA

Daniela García-Cobos^{1,2}, María Castillo Ramírez^{1,3}, Juan F. Herrera-Alzate^{1,4}, Nicolás Castaño-Bernal^{1,5}, Alejandra M. Salazar-Guzmán^{1,6}, Andrés Aponte-Gutiérrez^{1,7}, Julián A. Rojas-Morales^{1,8}, Valeria Velasquez-Cañón^{1,5}, Yeny Rocio López-Perilla¹, Khristian Venegas-Valencia¹, Kevin G. Borja-Acosta¹ & Sandra P. Galeano^{1*}

¹Centro de Colecciones y Gestión de Especies, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Villa de Leyva, Boyacá, Colombia.

²Department of Herpetology, Division of Vertebrate Zoology, American Museum of Natural History, New York, USA. ORCID: 0000-0002-7085-1113.

³Grupo de Investigación en Ecología Evolutiva. Universidad de Nariño, Clle 18 Cr 50 Ciudadela Universitaria Torobajo, Pasto, Nariño, Colombia.

⁴Instituto de Biología, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

⁵Centro de Museos, Museo de Historia Natural, Universidad de Caldas, Carrera 23N° 58-65, 170004, Manizales, Caldas, Colombia.

⁶Departamento de Zoología, Instituto de Ciências Biológicas Universidade Federal de Minas Gerais Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha 31270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil.

⁷Universidad Nacional de Colombia - Sede Orinoquía - Grupo de Investigación en Ciencias de la Orinoquía - Km 9 vía Caño Limón, Arauca, 810009 - Colombia.

⁸Doctorado en Ciencias, Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.

*Correspondence: sgaleano@humboldt.org.com

Received: 2024-06-07. Accepted: 2025-03-04. Published: 2025-06-06.

Editor: Leticia Margarita Ochoa Ochoa, México.

Resumen.— Las colecciones biológicas son un recurso importante para explorar la vida y entender la morfología, evolución, ecología, función e incluso las interacciones de los organismos a través de escalas temporales y espaciales. Aquí destacamos el valor de los especímenes de anfibios y reptiles depositados en el Instituto Humboldt en Colombia, junto con sus datos asociados, evaluando la cobertura taxonómica y geográfica de ambas colecciones en un contexto nacional y evaluando las tendencias temporales de los especímenes de referencia y los especímenes extendidos. Además, exploramos el uso de especímenes y sus datos asociados en estudios científicos mediante la realización de búsquedas sistemáticas de artículos publicados en Web of Science, Scopus, Google Scholar y GBIF. Identificamos que ambas colecciones incluyen más del 65 % de las especies de anfibios y reptiles registradas en los 32 departamentos de Colombia, destacando el Amazonas como el departamento más rico en términos de representatividad de especies en las colecciones. Las tendencias de crecimiento para ambas colecciones biológicas fueron heterogéneas en el tiempo, mostrando un pico durante las décadas de 1970 y 1980, así como durante la última década en la que el número de especímenes de referencia y colecciones extendidas (por ejemplo, tejidos y grabaciones de sonidos) aumentaron sustancialmente. Finalmente, revisamos un total de 112 artículos publicados que han utilizado especímenes de las colecciones del Instituto Humboldt y encontramos que los temas de investigación más representados consistieron en distribución junto con taxonomía y sistemática. En general, este estudio proporciona conocimientos valiosos para ayudar a guiar futuras nuevas direcciones de investigación para las colecciones de reptiles y anfibios alojadas en el Instituto Humboldt, enfocadas, por ejemplo, en ecología, toxicología y conservación, al tiempo que contribuye de manera más amplia al estado del conocimiento de las colecciones biológicas en Colombia, pretendiendo incentivar a otras instituciones nacionales y latinoamericanas a explorar de manera similar los datos alojados en sus colecciones para ayudar a guiar futuros esfuerzos de una manera complementaria y colaborativa.

Palabras clave.— Especímenes, herpetofauna, IAvH-Am, IAvH-R, repositorio de diversidad, revisión de literatura.

Abstract.— Biological collections are an important resource for exploring life and understanding the morphology, evolution, ecology, function, and even interactions of organisms across both temporal and spatial scales. Here we highlight the value of the amphibian and reptile specimens housed at the Instituto Humboldt in Colombia, along with their associated data, by evaluating

the taxonomic and geographic coverage of both collections within a national context and by assessing the temporal trends of both voucher specimens and extended specimens. Furthermore, we explore the use of specimens and their associated data in scientific studies by performing systematic searches of published papers on Web of Science, Scopus, Google Scholar, and GBIF. We identified that both collections include more than 65 % of the amphibian and reptile species recorded across the 32 departments of Colombia, highlighting the Amazonas Department as the richest in terms of species representativeness in the collections. Growth trends for both biological collections were heterogeneous in time, showing a peak during the 1970s and 1980s, as well as over the last decade during which the number of voucher specimens and extended collections (e.g., tissues and sound recordings) substantially increased. Finally, we reviewed a total of 112 published articles that have used specimens from the Instituto Humboldt collections and found that the most represented research topics were distribution, taxonomy and systematics. Overall, this study provides valuable insights to help guide new future research directions for the reptile and amphibian collections housed at the Instituto Humboldt, focused, for example, in ecology, toxicology and conservation, while more broadly contributing to the state of knowledge of biological collections in Colombia. We aim to encourage other national and Latin American collections to explore their data in order to help guide future efforts in a complementary and collaborative way.

Keywords.– Biodiversity repository, herpetofauna, IAvH-Am, IAvH-R, literature review, specimens.

INTRODUCTION

Biological collections are a fundamental resource for documenting biodiversity patterns across temporal and spatial scales (Winker, 2004; Webster, 2017). These repositories make specimens and their associated data accessible to researchers in order to contribute to our understanding of biodiversity loss, climate change, species interactions, infectious diseases, and reproductive patterns, among many other research topics (Meineke et al., 2018; Johnson & Owens, 2023). Although biological collections have been traditionally thought of as important elements for scientific research, they also have important value in both management-oriented and applied sciences helping to resolve society's current problems (Winker, 2004). For example, scientific collections have been relevant from a political and administrative perspective in the execution of regulatory strategies associated with the preservation and conservation of natural resources (Núñez & Gálvez, 2015). Furthermore, they play a crucial role in scientific communication and education initiatives that aim to raise awareness and knowledge around biodiversity among academic and broader communities (Hilton et al., 2021).

These biodiversity repositories represent a mainstay in extremely diverse countries such as Colombia, which is known to have high rates of endemism, numerous undescribed taxa, and large knowledge gaps on biodiversity, while also facing socioeconomic difficulties (Kerr & Burkey, 2002; Giam et al., 2012; Moura & Jetz, 2021). They are fundamental to the study of different taxonomic groups, such as some species of reptiles and amphibians in the Neotropics, many of which are difficult to encounter in the field due to their cryptic behavior or low

population densities. In Colombia, these taxa represent an important proportion of the global diversity with more than 850 species of amphibians, being ranked in second place after Brazil (Re:wild et al., 2023; Frost, 2023); and eight place in reptiles with more than 660 species (Uetz et al., 2023).

As of 2021, Colombia housed 80 Amphibian and Reptile Biological Collections formally registered in the Registro Nacional de Colecciones (RNC) (Vásquez-Restrepo, 2021). The herpetological collections of the Instituto de Ciencias Naturales (ICN), located at the Universidad Nacional in Bogotá, are the largest in the country with more than 66,000 and 20,000 amphibian and reptile specimens, respectively. The second largest collections in the list for both groups are the biological collections housed at the Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (Instituto Humboldt), located in the small town of Villa de Leyva, Boyacá, four hours from Bogotá. Within the colonial infrastructure of an antique cloister, the Amphibian Collection (IAvH-Am) houses more than 17,000 specimens, while the Reptile Collection (IAvH-R) is composed of more than 9,000 specimens (Fig. 1).

These collections were founded in 1968 and 1976, respectively, during the implementation of the National System of Protected Areas by the Instituto Nacional de Recursos Renovables y del Ambiente (INDERENA). Later in 1993, the INDERENA transferred all biological collections to the Instituto Humboldt. In 2002, and again starting in 2012, the data associated with specimens from both herpetological collections have been uploaded to the Global Biodiversity Information Facility (GBIF),

making this information available and free for common and scientific use (Borja-Acosta & Galeano, 2023a,b). Currently, both biological collections have a great diversity of national (and some international) specimens deposited mostly in ethanol, and include several dry preserved skulls, skins, and bones (Fig. 1).

With the intent of preserving high-quality information associated with the specimens, both collections have implemented the “extended specimen collections” framework. As such, these collections are defined as the sum of data types that reveal important aspects of individual phenotypes that may be lost during the fixation and preservation process (Webster, 2017). For example, the Amphibian Collection has recently grown its representation of sound records associated with voucher specimens, currently deposited at the Colección de Sonidos Ambientales Mauricio Álvarez Rebolledo (IAvH-CSA). Similarly, the Reptile Collection has recently increased its representation of snake and lizard hemipenes (male genitalia). Both collections

also house an important representation of tissue samples deposited at the Colección de Tejidos (IAvH-CT) of the Instituto Humboldt, located at Palmira, Valle del Cauca.

In this study, we explore the taxonomic and geographic representation of the Amphibian and Reptile Collections of the Instituto Humboldt. We show their temporal growth trends and gather information on their use for scientific purposes, based on a revision of published articles spanning the last 22 years. Our main goal is to bring visibility to these collections and elucidate their representativeness, usage patterns, main gaps, and sampling limitations, thereby providing valuable insights to help guide future research directions. We believe that this work is an important contribution to the state of knowledge of Biological Collections in Colombia, and we encourage other national and Latin American collections to explore their data in order to help guide future collecting, georeferencing, digitization, and research efforts in a complementary and collaborative way.



Figura 1. Colecciones de Anfibios y Reptiles del Instituto Humboldt, ubicadas en el Claustro San Agustín, Villa de Leyva, Boyacá, Colombia. Fotos: John Bernal (A, B) y Felipe Villegas Vélez (C, D).

Figure 1. Amphibians and Reptiles Collections of the Instituto Humboldt, located in Claustro San Agustín, Villa de Leyva, Boyacá, Colombia. Photos: John Bernal (A, B) y Felipe Villegas Vélez (C, D).

METHODS

All data used to identify the taxonomic and geographic coverage of both collections, Amphibian and Reptiles, of the Instituto Humboldt, as well as their growth trends and usage by the scientific community, are based on articles published up until May 2023. The following sections describe the methods used for each of these approaches. All figures were made in R, through RStudio.

Taxonomic coverage

All information on the existing specimens in the Amphibians Collection (IAvH-Am) and Reptiles Collection (IAvH-R) was downloaded from the Specify software, the database used for Biological Collections at the Instituto Humboldt. To assess the taxonomic representation of these collections compared to the known diversity of amphibians and reptiles in Colombia, we implemented a revision process that involved eliminating specimens lacking species-level identification from our analysis, as well as international specimens. As references, we used the list of amphibian and reptile species reported for Colombia in *Amphibians Species of the World* (Frost, 2023) and *The Reptile Database* (Uetz et al., 2023), respectively. Posteriorly, we contrasted the families and species determined in each biological collection with those reported for Colombia, to obtain a general view of the representation that both biological collections harbor compared to the country's known diversity.

Geographic coverage

To evaluate the species richness represented in both collections across Colombia, we mapped the number of species across the 32 departments delimiting the country. For this, we eliminated all specimens that were not determined to species level (e.g., specimens determined only to the genus or family level). Additionally, to evaluate the geographical coverage of fieldwork conducted by researchers at the Instituto Humboldt and other researchers that have deposited biological material in these collections, we mapped the number of specimens deposited within the departments of Colombia. We eliminated all records lacking information at the department level.

To assess the quality and completeness of the geographical data in both collections, we also mapped all specimens with associated geographical coordinates. All geographic coordinates were validated up to the department and municipality level using spatial ArcGIS 10.2 analysis tools. If a coordinate was not accurate with the municipality, we further checked if it was located within its political border by including a 1 km buffer radius. If the coordinates did not comply with our validity

criteria, the data point was removed from the map. Heatmaps were constructed in the program QGIS Version 3.28.3.

Temporal trends

To evaluate the temporal trend of specimens housed in both collections, we first removed individuals that lacked a collection date from the analysis. We then plotted the number of specimens collected every four years as well as the accumulation of specimens over time. We also evaluated the growth trends for the following three extended collections associated to voucher specimens: 1) the Colección de Sonidos Ambientales (IAvH-CSA) for amphibian sound records, 2) the hemipenes collection extracted from lizards and snakes, and 3) the Colección de Tejidos (IAvH-CT) for tissue samples for both groups. Finally, we assessed the taxonomic and geographic representation of the extended specimen collections considering the number of species in each family and department.

Type material

To evaluate the taxonomic representation of the type material housed in the Instituto Humboldt, we examined holotype and paratype material based on the original species description, corroborating the voucher numbers [IAvH or INDERENA (IND)] within the original articles. Subsequently, we determined the most representative families among the holotypes and paratypes of each collection.

Use of collections

In order to identify studies in which specimens from the Amphibians and Reptiles Collections, or their associated datasets published in GBIF, have been used for research and publication purposes, we first performed a systematic search of published literature over the past 22 years using two online databases, Web of Science and Scopus, as well as the Google Scholar search engine via the software program Publish (Harzing, 2023). Independent searches were made for amphibians and reptiles between January 2000 and May 2023 in each database or search engine. The following keywords were used: ("IAvH-Am" OR "INDERENA" OR "IND-AN" OR "Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt" OR "Alexander von Humboldt Biological Resources Research Institute") AND ("Amphibian" OR "Anfibio" OR "Anura" OR "Caudata" OR "Gymnophiona") for amphibians, and ("IAvH-R" OR "INDERENA" OR "IND-R" OR "Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt" OR "Alexander von Humboldt Biological Resources Research Institute") AND ("Reptile" OR "Reptil" OR "Squamata" OR "Testudines" OR "Crocodylia") for reptiles. The searches made in Google Scholar were limited to the first 250 entries, following recommendations by Haddaway et al. (2015).

Next, we conducted a manual search in GBIF to identify all articles referencing both the Amphibians and Reptiles Collections that have used the datasets associated with specimens of both collections (Borja-Acosta & Galeano, 2023 a, b). To accomplish this, we performed a search for “Colección de Anfibios del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH-Am)” and “Colección de Reptiles del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH-R)” within the “Get data” section of the GBIF platform. Subsequently, we accessed the “citations” subsection for each of these searches to obtain a list of all articles that cited both occurrence datasets. We consolidated the results from all searches and eliminated any duplicates. Then, we read and reviewed each study individually to filter out those publications that did not incorporate specimens from the collections or their associated GBIF datasets.

The remaining articles were reviewed to define: 1) the collection resources used (specimens or associated datasets uploaded in GBIF), and 2) the research topics addressed by each study. Research topics were assigned to each publication based on twelve previously established categories: taxonomy and systematics, natural history, ecology, distribution, morphology and anatomy, evolution, toxicology, physiology, genetics, bioprospecting, conservation, and species listings. These categories were selected based on literature addressing the usage of biological collections (Simmons & Muñoz-Saba, 2005). Each publication was assigned more than one research topic when it focused on two or more categories.

RESULTS

Taxonomic coverage

As of May 2023, the Amphibian Collection of the Instituto Humboldt (IAvH-Am) holds a total of 17,446 specimens. From this total, 17,311 specimens were collected in Colombia, while 135 came from other countries such as Ecuador (n = 30), Uruguay (n = 28), the United States (n = 25), Venezuela (n = 20), Costa Rica (n = 17), Peru (n = 6), and Brazil (n = 2). Among the total specimens collected in Colombia, 16,347 have been identified to species level, while 964 specimens require further taxonomic curation. More than half of these undetermined specimens (n = 644) belong to the genus *Pristimantis*.

All three amphibian orders (Anura, Caudata, and Gymnophiona) are represented prominently in the Amphibian Collection. This collection contains representatives of 19 out of 20 families known to occur in Colombia, and approximately 65 % (580) of the total number of amphibian species reported in

the country. The only family not represented was Dermophiidae, which is known to have one single anuran species in Colombia (*Dermophis glandulosus*) (Fig. 2A). Within the order Anura (frogs and toads), the collection holds 100% representation of the species documented in the country for two families: Ceratophryidae (horned frogs), and Ranidae (water frogs). Furthermore, there is a significant representation (>75 %) of the known Colombian species for three families (Leptodactylidae, Craugastoridae and Pipidae), and more than 50 % of the known species for nine additional families: Aromobatidae, Bufonidae, Centrolenidae, Dendrobatidae, Eleutherodactylidae, Hemiphractidae, Hylidae, Microhylidae, and Strabomantidae. In the Caudata order (salamanders), which only has one family known for Colombia (Plethodontidae), the collection houses specimens of 63 % of the species known to occur in the country (Fig. 2A). Finally, within the Gymnophiona order (caecilians), there is representation of more than 75 % of the species for two families in the country, Siphonopidae and Typhlonectidae. The remaining two families, Caecilidae and Rhinatrematidae, are represented by less than 50 % of the Colombian caecilians (Fig. 2A).

As of May 2023, the Reptile Collection holds a total of 9,479 specimens. A significant number of specimens were collected outside of Colombian territory (n = 148), mainly in the United States (n = 49), Costa Rica (n = 41), Peru (n = 13), Brazil (n = 11), Venezuela (n = 7), Israel (n = 3), Kenya (n = 3), Sweden (n = 3), Guatemala (n = 2), Chile (n = 1), Mexico (n = 1), Suriname (n = 1), and Turkey (n = 1). Among the 9,331 specimens collected in Colombia, 9,145 have been determined to species level, while the remaining 186 still require further taxonomic curation. The highly diverse and complex genus of ground snakes *Atractus* still requires further taxonomic curation, representing 49 of these 186 undetermined specimens.

In terms of species representation for the Colombian territory, the Reptile Collection includes species of all three orders expected for the Western hemisphere. All 35 families known to occur in Colombia are represented, as well as approximately 67 % of Colombian species (n = 431). Within the order Crocodylia (crocodiles and alligators), all Colombian species are represented in the collection (Fig. 2B). The Testudines order (turtles) is also well represented, with specimens for all species of six families occurring in Colombia: Cheloniidae, Chelydridae, Dermochelyidae, Kinosternidae, Podocnemididae, and Testudinidae. The remaining three turtle families reported for the country (Chelidae, Emydidae, and Geoemydidae) are represented by 90 %, 75 %, and 60 % of the Colombian species, respectively. In the Squamata order (lizards and snakes), all known Colombian species are represented within the collection

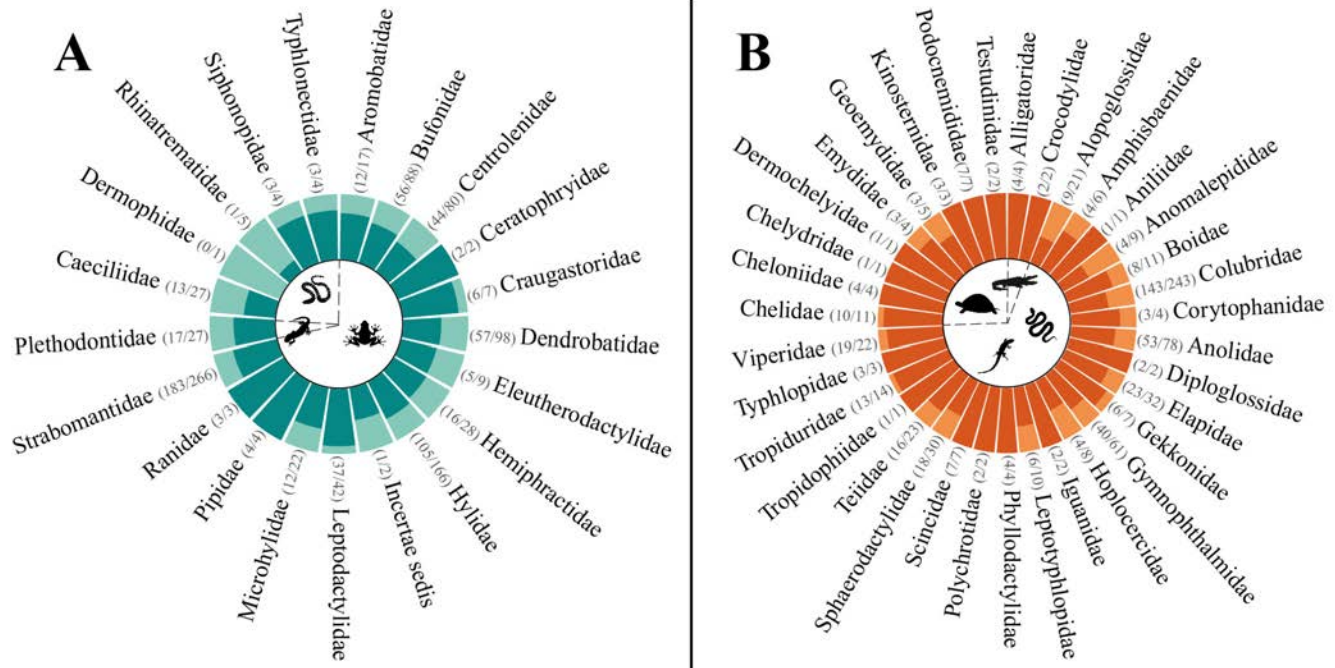


Figura 2. Proporción de la cobertura taxonómica de especies por familia de (A) anfibios y (B) reptiles depositados en las dos colecciones biológicas del Instituto Humboldt, en comparación con la diversidad conocida para Colombia. El azul y el naranja oscuros representan la proporción de especies depositadas en las Colecciones de Anfibios (IAvH-Am) y Reptiles (IAvH-R), respectivamente. El azul y el naranja claros representan la proporción de especies que se sabe que ocurren en Colombia, pero que no están representadas en las colecciones de anfibios y reptiles, respectivamente. Los números al lado de cada familia representan el número bruto de especies depositadas en las colecciones biológicas del Humboldt en comparación con el número conocido de especies reportadas en Colombia. *Incertae sedis* se refiere a *Geobatrachus walkeri* y *Atopophrynus syntomopus*, ya que no se sabe con certeza a qué familia pertenecen estas especies.

Figure 2. Proportion of the taxonomic coverage of species per family of (A) amphibians and (B) reptiles deposited in the two biological collections of the Instituto Humboldt, compared to the known diversity for Colombia. Dark blue and dark orange represent the proportion of species deposited in the Amphibian (IAvH-Am) and Reptile (IAvH-R) Collections, respectively. Light blue and light orange represent the proportion of species that are known to occur in Colombia, but not represented in the amphibian and reptile collections, respectively. Numbers next to each family represent the raw number of species deposited in Humboldt Biological collections compared to the known number of species reported in Colombia. *Incertae sedis* refers to *Geobatrachus walkeri* and *Atopophrynus syntomopus*, as it is uncertain to which family these species belong.

for eight families (Aniliidae, Diploglossidae, Iguanidae, Phyllodactylidae, Polychrotidae, Scincidae, Tropidophiidae, and Typhlopidae) (Fig. 2B). Furthermore, 13 families are represented by more than 50 % of the species currently known in Colombia (Amphisbaenidae, Boidae, Colubridae, Corytophanidae, Anolidae, Elapidae, Gekkonidae, Gymnophthalmidae, Leptotyphlopidae, Sphaerodactylidae, Teiidae, Tropiduridae, and Viperidae). The remaining families (Alopoglossidae, Anomalepididae, and Hoplocercidae) have specimens that represent between 40 % and 50 % of the species reported for the country.

Geographic coverage

The Amphibian Collection's geographical coverage reveals that the richness of species represented is not homogeneous across the 32 departments in Colombia. Specifically, some departments across the Andean and Chocó regions, and one in the Amazon

region, have high representation with over 100 species (Amazonas and Antioquia) or more than 80 species (Cauca, Putumayo, and Boyacá) (Fig. 3A). In the Orinoquía region, the department with a greater number of species was Meta with over 70 species of amphibians. Contrarily, departments along the Caribbean coast, such as the Archipiélago de San Andrés, Providencia and Santa Catalina, La Guajira, Atlántico, as well as others in the Amazon region, such as Guainía and Guaviare, have less than 20 species represented within the collection (Fig. 3A).

The number of collected specimens across the 32 departments did not necessarily resemble the trend of amphibian species richness observed in the collection. On one hand, departments closest to the capital city of Bogotá, such as Casanare, Cundinamarca, Santander, and Boyacá, presented the highest number of specimens with more than 1000 individuals (Fig. 3C). Some other departments located at a considerable distance from

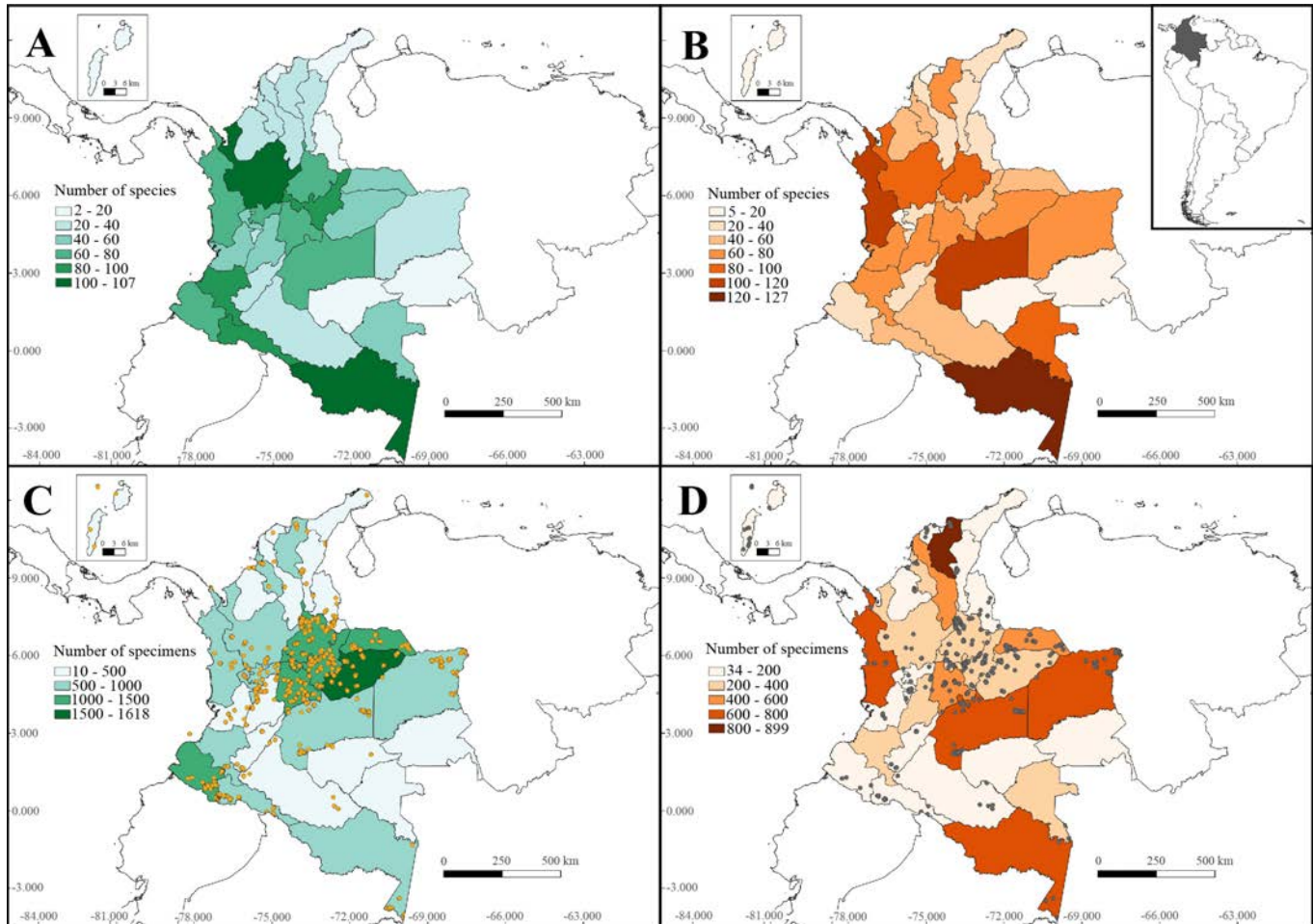


Figura 3. Cobertura geográfica de las Colecciones de Anfibios y Reptiles del Instituto Humboldt, representada por el número de especies de (A) anfibios y (B) reptiles por departamento, y el número de especímenes de (C) anfibios y (D) reptiles por departamento. Los colores más oscuros representan valores más altos de especies o especímenes depositados en las colecciones, mientras que los colores más claros representan valores más bajos. Los puntos amarillos y grises muestran todos los especímenes con coordenadas geográficas precisas para la colección de anfibios y reptiles, respectivamente.

Figure 3. Geographic coverage of the Amphibian and Reptile Collections of the Instituto Humboldt, represented by the number of (A) amphibian and (B) reptile species per department, and the number of (C) amphibian and (D) reptile specimens per department. Darker colors represent higher values of species or specimens deposited in the collections, while lighter colors represent lower values. Yellow and gray dots show all the specimens with accurate geographical coordinates for the amphibian and reptile collection, respectively.

the capital, such as Arauca and Nariño, were also represented by more than 1000 specimens. On the other hand, departments with less than 25 specimens, mostly located in the Caribbean and the Amazon regions, resemble the observed trend of species richness (i.e., Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, La Guajira, Atlántico, Guainía, and Guaviare) (Fig. 3C, Appendix 1).

Within the Reptile Collection, the Amazonas department showed the highest species richness, with over 120 species (Fig. 3B), followed by Meta and Chocó, located in the Orinoquía and Pacific regions, with more than 100 species each. Antioquia,

Santander, and Vaupés were also diverse, and represented 80-100 species each. In contrast, departments represented by less than 20 species are located in the Caribbean region (i.e., Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, and Atlántico), as well as the Amazon (Guainía and Guaviare) and Andean regions (Risaralda) (Fig. 3B).

In assessing the number of specimens per department, we found that the Magdalena department, located in the Caribbean region, holds the highest values, with approximately 900 individual specimens, followed by the Chocó department and three Cis-Andean departments (Vichada, Amazonas, and Meta),

all with a representation of 600-800 specimens (Fig. 3D). On the other hand, the least sampled departments were Guaviare, Risaralda, Guainía, Norte de Santander, Quindío, and Atlántico, with less than 60 specimens each (Fig. 3D).

Across both collections, more than half of the deposited specimens lack geographical coordinates. In the Amphibian Collection, only 43 % of specimens (7,243) have geographical coordinates, while only 15 % of the individuals (1331) had this information in the reptile collection (Figs. 3C and 3D). Most of the specimens without geographical coordinates were collected before the 1980's when obtaining this type of data was difficult due to the lack of GPS devices.

Temporal trends

Both collections witnessed a growth in specimens during the 1970s and 1980s, with a substantial increase in reptiles occurring during the late 1970s and for amphibians between the late 1980s and early 1990s (Fig. 4A). In the late 1990s, a decline in specimen collections was observed, which remained relatively stable until 2011. However, after a period of low specimen entry, both

collections experienced an increase in number of specimens from 2012 to the present day (Fig. 4B). During this time, almost 8,000 amphibian specimens (representing 45 % of the collection) and almost 1,250 reptile specimens (representing 13 % of the collection) were deposited.

In the last decade, a significant growth was observed in the extended collections. The Colección de Sonidos Ambientales (IAVH-CSA) increased from almost zero to 129 sound recordings associated with anuran voucher specimens from the Amphibian Collection. These recordings were all collected over the last five years since previous call records were not associated with voucher specimens (Fig. 5A). These 129 records represent eight families of anurans, with Hylidae being the most represented family (53 % of the records, 20 species), followed by Leptodactylidae (16 %, 8 species), Bufonidae (12 %, 6 species), and Strabomantidae (10 %, 5 species) (Appendix 2). Most of the samples were collected in the Santander department (33 % of the total) in the Andean region, followed by Meta (21 %) in the Orinoco, and Putumayo (15 %) in the Amazon region (Appendix 3).

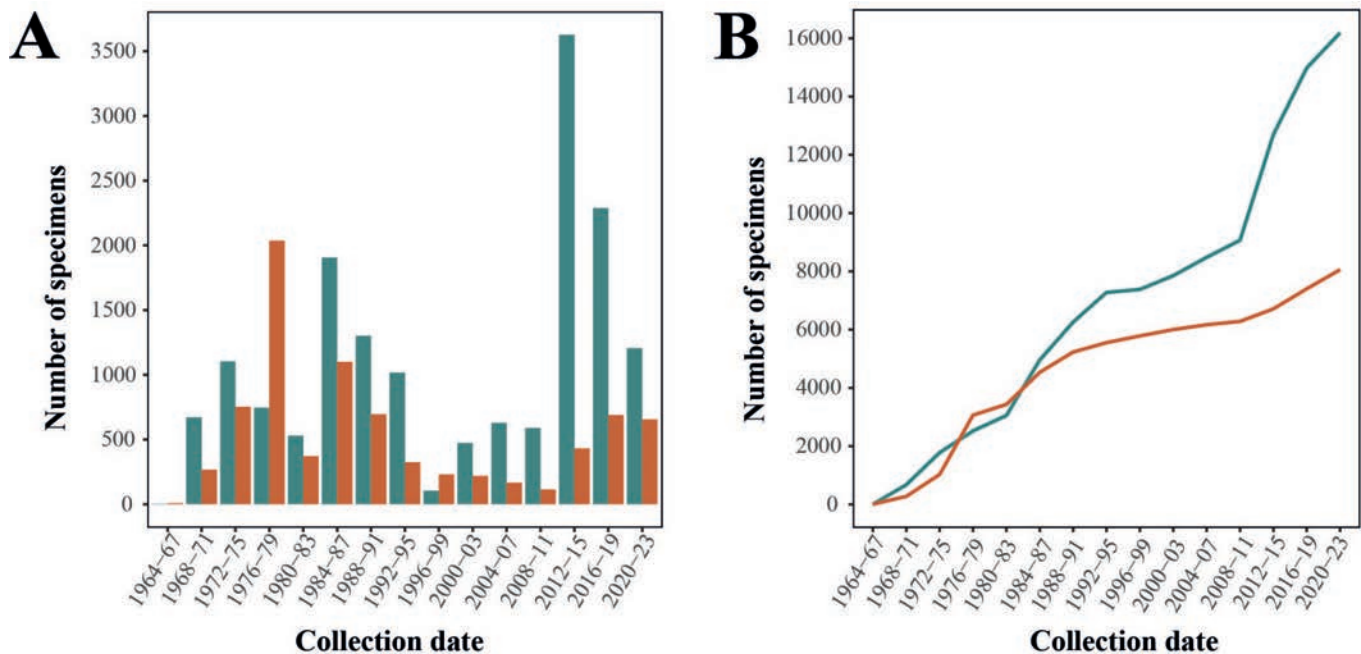


Figura 4. Tendencias temporales de los especímenes recolectados y depositados en las Colecciones de Anfibios (azul) y Reptiles (naranja) del Instituto Humboldt. (A) Las barras representan el número de especímenes depositados cada cuatro años, mientras que (B) las líneas representan el crecimiento acumulativo a lo largo del tiempo de ambas colecciones.

Figure 4. Temporal trends of specimens collected and deposited in the Amphibian (blue) and Reptile Collections (orange) of the Instituto Humboldt. (A) Bars represent the number of specimens deposited every four years, while (B) lines represent the cumulative growth through time of both collections.

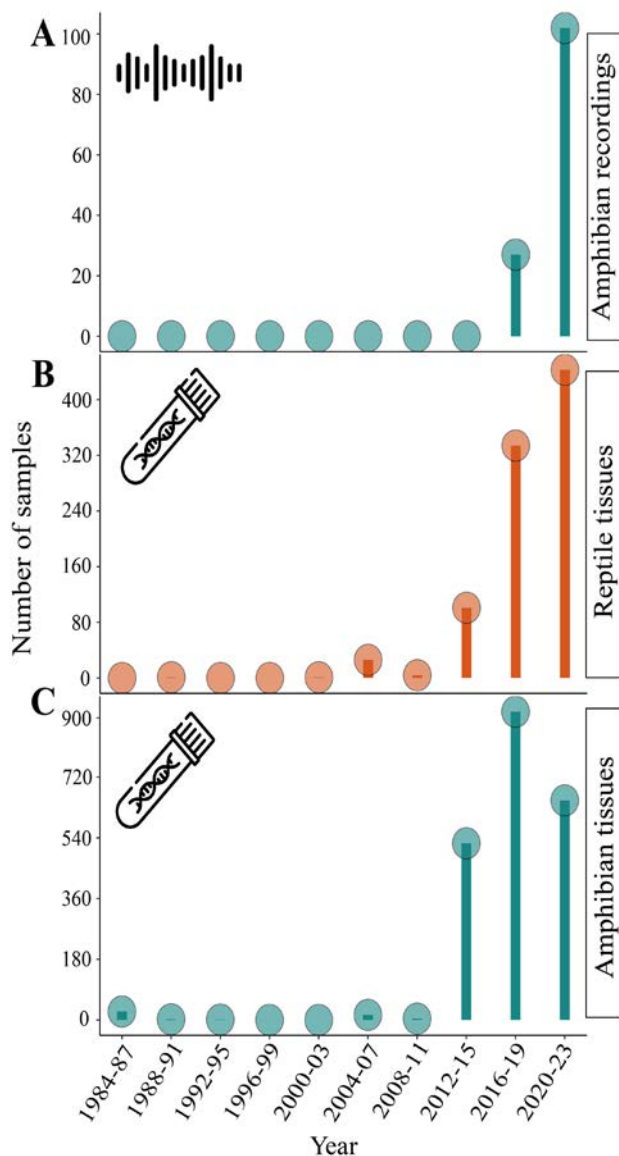


Figura 5. Número de muestras en algunas de las colecciones extendidas dentro de las Colecciones de Anfibios y Reptiles del Instituto Humboldt. (A) grabaciones de sonidos de anfibios, (B) tejidos de reptiles y (C) tejidos de anfibios.

Figure 5. Number of samples in some of the extended collections within the Amphibian and Reptile Collections at the Instituto Humboldt. (A) amphibian sound recordings, (B) reptile tissues, and (C) amphibian tissues are represented.

As for the tissue samples, the Colección de Tejidos (IAvH-CT) deposited its first amphibian sample in 1986 (Fig. 5C) and its first reptile sample in 2007 (Fig. 5B). However, it was not until 2013 that an important increase in tissue samples was observed, with 2,084 tissues deposited for amphibians and 877

for reptiles. The tissue collection is the largest of the extended collections, with 2,176 samples from 250 amphibian species representing 19 families (Appendix 4). The following families are the four most represented: Strabomantidae (38 % of amphibian samples, 81 species), Hylidae (22 %, 48 species), Leptodactylidae (15 %, 25 species), and Bufonidae (6 %, 18 species). The remaining 15 families are represented by less than 4 %. Most tissues were collected from specimens from four departments: Santander (19 %), Boyacá (14 %), Meta (11 %), and Putumayo (11 %). All other departments have less than 4 % representation or none (Appendix 5).

The reptile tissue repository is composed of a total of 916 samples, representing 181 species from 26 families (Appendix 4). Colubridae has the highest representation (27 % of reptile samples, 62 species), followed by Anolidae (22 %, 24 species), Sphaerodactylidae (10 %, 12 species), and Gymnophthalmidae (9 %, 14 species). The remaining 22 families are each represented by less than 4 % of the total samples in the Tissue Collection. Most of the tissues were collected from specimens from the departments of Santander (27 % of samples), Meta (12 %), and Boyacá (11 %) (Appendix 6).

As for the representation of Squamata hemipenes, growth trends through time could not be identified due to the absence of cataloging dates for these samples. However, between 2022 and 2023, the size of this extended collection has increased by 24 %, reaching a total of 250 samples from 88 species represented in 15 families (Appendix 7). Three families represent more than 80 % of the samples, being Colubridae (56 %, 41 species), Viperidae (20 %, 11 species), and Elapidae (8 %, 8 species). The remaining 12 families have less than 4 % representation.

Type material

The Amphibian Collection holds 405 type specimens, including 27 holotypes and 378 paratypes, representing a total of 54 species. Three species are represented only by holotypes, 24 species have holotype and paratypes, and 27 species are only represented by paratypes. The Strabomantidae family is the best represented, with 12 holotypes and 25 paratypes, followed by the Dendrobatidae family with 6 holotypes and 9 paratypes (Fig. 6A).

The Reptile Collection holds 40 type specimens. All of the 16 species were described after 1982. Two of these species are represented only by the holotype, three by both the holotype and paratypes, and 11 species are only represented by paratypes. The families best represented are Anolidae with 2 holotypes and 5 paratypes, followed by Colubridae with 1 holotype and 3 paratype (Fig. 6B).

Use of collections

A total of 1,416 articles were obtained from searches performed across three online databases and GBIF. Of these, only 112 articles were selected and carefully reviewed based on the established criteria (52 % focused exclusively on amphibians, 44 % on reptiles, and 4 % on both taxa). The most represented research topics were: distribution with 25 articles for amphibians and 27 for reptiles (three publications included both taxa), taxonomy and systematics (29 for amphibians, 22 for reptiles, and one which included both taxa), natural history (8 for amphibians, 3 for reptiles), conservation (6 for amphibians, 3 for reptiles), morphology and anatomy (4 for amphibians, 5 for reptiles), and ecology (5 for amphibians, 2 for reptiles) (Fig. 7A). Other

research topics like species listing, toxicology, and evolution were represented by less than three studies. Genetics, physiology, and bioprospecting were not represented by any articles (Fig. 7A). In terms of the collection resource used, 80.3 % of the studies reviewed specimens housed in the collections (53 studies included amphibians and 40 included reptiles, three of which included both taxa), whereas 19.6 % used only the associated datasets (mainly geographical data) of the specimens published in GBIF (10 included amphibians, 12 included reptiles, and two including both taxa). Studies that used the GBIF repository focused mainly on distribution and conservation as research topics (Appendix 8).

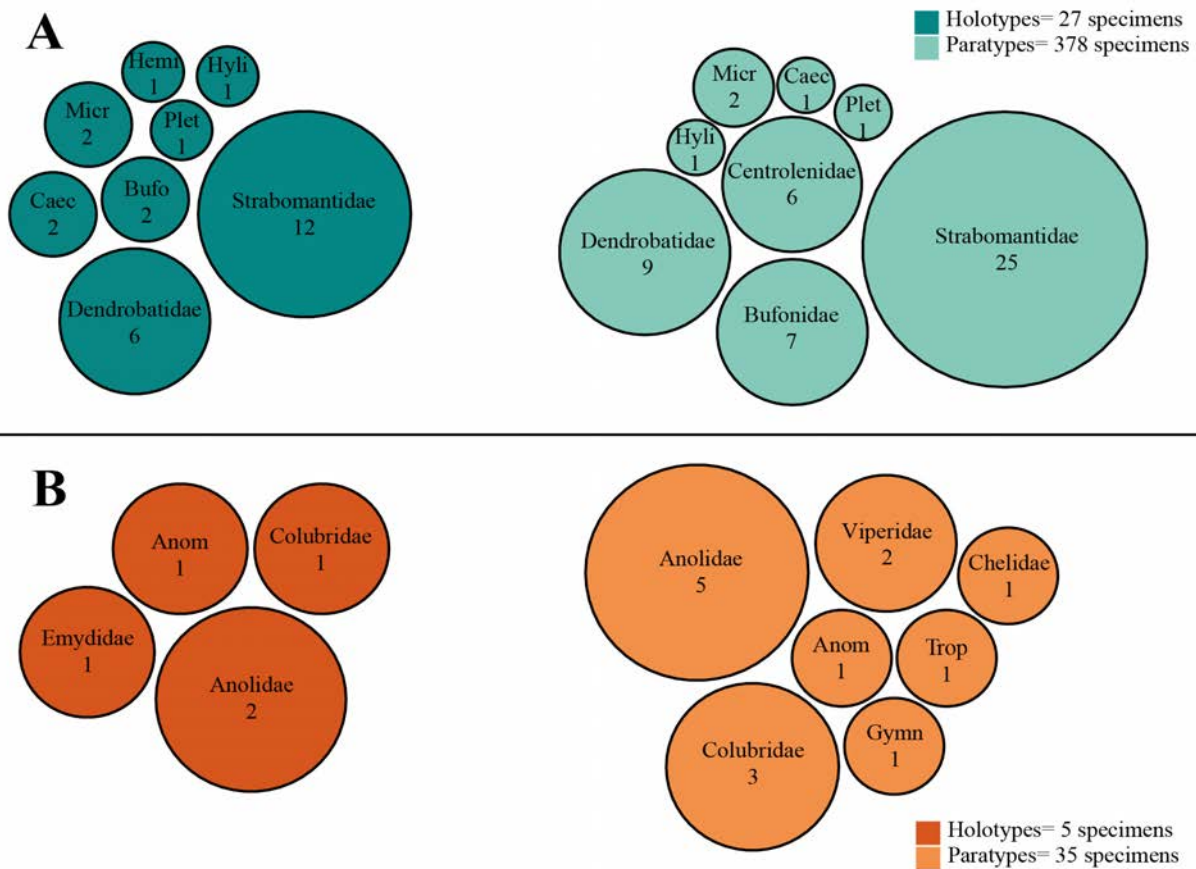


Figura 6. Número de especies representadas por especímenes tipo por familia de (A) anfibios (azul) y (B) reptiles (naranja) en las Colecciones Biológicas del Instituto Humboldt. El número de especies está representado por el número dentro del círculo. Los holotipos están representados por azul y naranja oscuros, mientras que los paratipos están representados por azul y naranja claros. Caec = Caeciliidae, Hemi = Hemiphractidae, Hyli = Hylidae, Micr = Microhylidae, Bufo = Bufonidae, Anom = Anomalepididae, Gymn = Gymnophthalmidae, Trop = Tropiduridae, Plet = Plethodontidae.

Figure 6. Number of species represented by type specimens per family of (A) amphibians (blue) and (B) reptiles (orange) in the Biological Collections of the Instituto Humboldt. The number of species is represented by the number inside each circle. Holotypes are represented by dark blue and dark orange, while the paratypes are represented by light blue and light orange. Caec = Caeciliidae, Hemi = Hemiphractidae, Hyli = Hylidae, Micr = Microhylidae, Bufo = Bufonidae, Anom = Anomalepididae, Gymn = Gymnophthalmidae, Trop = Tropiduridae, Plet = Plethodontidae.

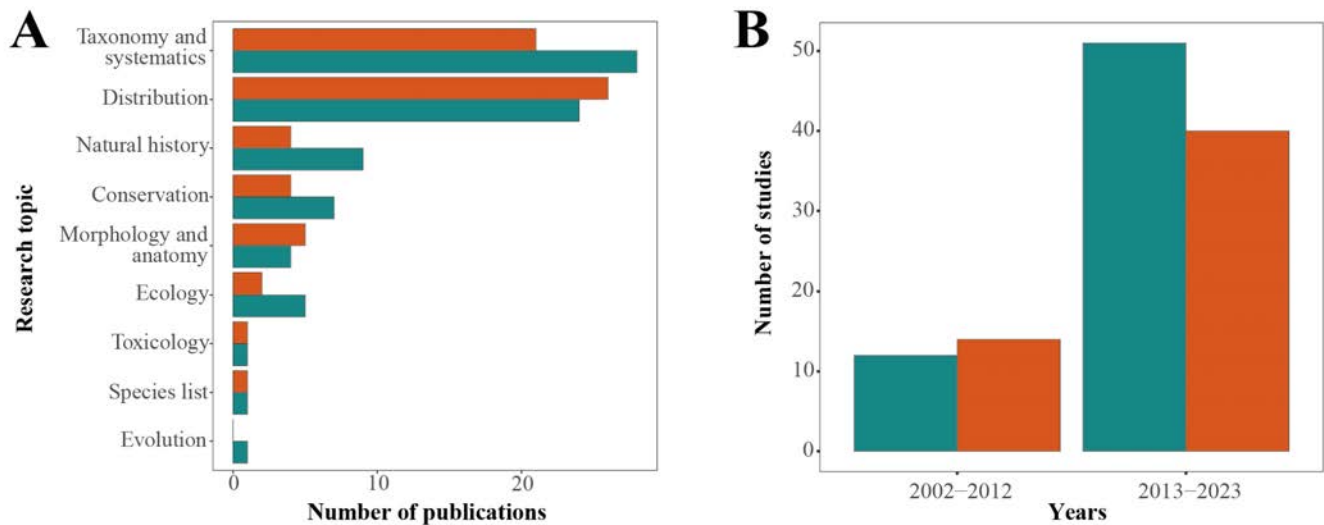


Figura 7. Uso de las colecciones de Anfibios (azul) y Reptiles (naranja) durante los últimos 22 años. Esto se representa en (A) por el número de estudios categorizados por temas de investigación, y en (B) por el número de estudios publicados entre 2002–2012 y 2013–2023.

Figure 7. Use of Amphibian (blue) and Reptile (orange) collections over the past 22 years. This is represented in (A) by the number of studies categorized by research topics, and in (B) by the number of studies published between 2002–2012 and 2013–2023.

We also observed an unequal use of specimens or their associated data between the decades of 2002–2012 and 2013–2023 (Fig. 7B). The earlier decade had less than half the number of publications for both collections compared to the last decade. In the last decade, the number of amphibian publications slightly exceeded those of reptiles (Fig. 7B).

DISCUSSION

Our study presents a comprehensive analysis of the taxonomic and geographical coverage, growth trends, and usage of specimens and datasets of the Amphibian and Reptile Collections at the Instituto Humboldt, the second largest in Colombia. We elucidated some of the main gaps and sampling limitations within both collections and explored the various scientific applications and uses of the specimens and their associated datasets through the review of publications over the last two decades. By doing so, we aimed to create a valuable reference of these two collections for other national and regional museums, contributing to the state of knowledge of biological collections in Colombia and highlighting their role in the advancement of research.

Both collections exhibited an important taxonomic representation, covering approximately 65 % of the amphibian species and 67 % of the reptile species documented in the country. This high representation was particularly evident in

families with limited diversity, evidenced by the complete species coverage for select groups such as those comprising no more than five amphibian species (e.g., Ceratophryidae, Ranidae, and Pipidae) or 10 reptile species (e.g., Cheloniidae, Alligatoridae, Crocodylidae, Aniliidae, and Phyllodactylidae among others) (Frost, 2023; Uetz et al., 2023). However, the broad taxonomic coverage is not limited to families with poor species diversity in the country. Diverse families such as Leptodactylidae, Hylidae, Bufonidae, Dendrobatidae, and Centrolenidae in amphibians; and Anolidae, Colubridae, and Gymnophthalmidae in reptiles (just to name a few), also are represented by more than 50 % of the known species. This remarkable representation can be attributed in part to the national status of both collections that implement field expeditions across most of the Colombian territory, compared to the regional collections that serve as invaluable repositories to house and preserve the unique diversity from particular areas of the territory (Ortiz-Yusty et al., 2015; Ramírez-Chaves et al., 2021; Ramírez-Chaves et al., 2023).

Since the establishment of both collections, researchers have conducted expeditions across Colombia, accumulating invaluable specimens and data from all 32 departments. Particularly noteworthy for both collections are the high number of species from the department of Amazonas, located in a global biodiversity hotspot (Lynch et al., 1997; Duellman, 1999; Funk et al., 2012). The Amphibian Collection also presents a high number of species from the departments of Antioquia, Boyacá,

and Cauca, mostly Andean departments that harbor diverse biogeographic regions and climates ranging from lowland humid forests to páramos. Notably, these departments share Andean forests and páramos, both considered hotspots with high richness and endemism of amphibian species (Duellman, 1999; McKnight et al., 2007; Tenorio et al., 2023). As for reptiles, the departments of Meta and Chocó follow the Amazonas department in terms of species numbers. These departments contain lowland, Andean, and foothill ecosystems of the Western and Eastern Andean Mountains. Although there appear to be plausible biological explanations for the species richness observed across the different departments for both collections, fieldwork efforts, represented as the number of specimens, have highly influenced the observed species trends.

Fieldwork efforts undertaken by researchers throughout the territory have been unequal mainly due to geographical, political, and cultural factors, thus affecting the number of specimens collected and species represented from each department. For example, departments geographically close to large centralized urban centers and prominent universities or research institutions (e.g., Cundinamarca, Santander, Boyacá, and Meta) have benefited from extensive fieldwork and, consequently, have more specimens represented in both collections, which correlates with a greater reported diversity. Contrarily, departments difficult to access due to their remoteness, poor road infrastructure, or expensive flight tickets (e.g., Guainía in the Amazonian region and Guajira in the Caribbean region) show limited fieldwork efforts, resulting in fewer specimens and species represented. Furthermore, Colombia has suffered serious sociopolitical conflicts, including the presence of illegal armed groups, which has resulted in periodic restrictions and inaccessibility for sampling in many regions (e.g., Norte de Santander and Caquetá, among others) (Sánchez-Cuervo & Aide, 2013; Negret et al., 2017). The collective influence of all these factors strongly contributes to the geographical patterns evidenced in terms of species and specimens represented in the Instituto Humboldt collections.

Multiple national and regional projects and donations through time have nurtured the Amphibian and Reptile Collections at the Instituto Humboldt, influencing some of the observed trends. For example, the main peak observed for the Reptile Collection during the mid and late 1970s follows three main events: 1) a large donation by the Instituto Nacional de Salud (INS) of >730 specimens spanning over 20 Colombian departments and five additional countries; 2) the development of a national project focused on the study of malaria (UVMP), lead in Colombia by the Universidad del Valle in Colombia

between 1975 and 1980 (Ayala & Castro, 1983), that deposited specimens in multiple collections, including >340 in the Reptile Collection of the Instituto Humboldt; and 3) a donation by José Vicente Rueda-Almonacid of >400 specimens from the Chocó department. While other peaks are observed in different periods, none of them approach the ~2,000 specimens accessioned between 1976-1979 in the reptile collection.

Other prominent peaks were observed between 2012 and 2019, mainly within the Amphibian Collection. The first of these, between 2012 and 2015, is attributed to the deposit of >3,500 specimens by ~60 researchers following the arrival of the curator M.Sc. Andrés R. Acosta, after a long period without a formal curator in the collection. In fact, between 1996-2013, the collections presented the lowest growth trend due to the absence of a curator. Most of the amphibian samples during this first peak were deposited by Dr. Argelina Blanco (~1,180 specimens), curator M.Sc. Andrés Acosta (~830), and Dr. Marvin Anganoy-Criollo (~410), coming from the Arauca, Casanare, and Nariño departments. The second peak, between 2016-2019, followed the Colombian peace agreement signing, which allowed scientists to return to areas previously inaccessible from national conflict. Projects referred to as the “BIO expeditions” — a governmental initiative started in 2017 with the primary goal of comprehensively exploring and documenting the biodiversity of pristine or poorly known areas with high biodiversity — and other institutional projects, contributed to the accessions of more than 2,300 specimens from multiple areas of the country (e.g., Colombia BIO: Ayala et al., 2018; Santander BIO: Torres & Quiñones, 2019; Boyacá BIO: Giraldo & Galeano, 2020). These expeditions resulted in a significant collection of specimens and the descriptions of new species, which strengthened the collections of national research institutes and universities.

As expected, the BIO expeditions also played an important role in the growth trend of the extended collections associated with the Amphibian and Reptile collections. Notably, the Colección de Tejidos (IAvH-CT) showed a remarkable increase since 2014 in both the number of samples and the species represented, with amphibians increasing from 52 to 251 species (>382 % growth), and reptiles from 72 to 184 (>55 % growth) (Arbeláez-Cortés et al., 2015). Also, the Colección de Sonidos Ambientales (IAvH-CSA) historically started as a branch of the Ornithology Collection, storing a diverse taxonomic representation of bird records and very few amphibian call recordings previous to 2016 (Mendoza-Henao et al., 2023). It has since grown to currently comprise recordings from 114 amphibian species representing approximately 14 % of the total anuran species diversity in Colombia (Mendoza-Henao et al., 2023). However,

records from only 49 species are associated with a specimen voucher, a figure that continues to grow. Finally, regarding the hemipenes collection, the absence of information regarding the preparation dates of the genitalia precluded an accurate estimation of the growth trends. Nonetheless, we highlight an important increase of 24 % in samples over the past two years, attributed primarily to the implementation of a recent project focused on the coevolution of snake genitalia. These extended collections incorporate multiple facets of the phenotype to explore and address intriguing questions concerning evolution, ecology, morphology, conservation, and other pertinent areas of research (Webster, 2017). They also represent a relevant tool for the implementation of integrative taxonomic approaches during new species descriptions (Padial et al., 2010), in which the incorporation of multiple lines of evidence, such as evolution (e.g., genes), behavior (e.g., sound recordings of amphibians), and morphological data (e.g., hemipenes for Squamata), are essential in ensuring accurate and robust species descriptions of amphibians and reptiles (Torres-Carvajal, 2009; Cadle, 2010; Glaw et al., 2010; Vera-Pérez et al., 2019; Passos et al., 2022; Patiño-Ocampo et al., 2022).

Species descriptions and taxonomic studies have conventionally been one of the most relevant research topics within the use of biological collections. This is evident by the finding that ~45 % of the published studies from both collections focused on taxonomy and systematics, as well as by the representation and diversity of 32 holotype specimens and over 400 paratypes housed at the Instituto Humboldt. The recent growth of the extended collections will likely also contribute to an increase of studies in this category in the following years. Similarly, studies centered around species distributions, encompassing extensions in geographic range, biogeography, or niche modeling, represented approximately 46 % of the published studies. These types of studies occupy an important position among the substantial research areas in which biological collections find a direct application (Pyke & Ehrlich, 2010). Together, these categories account for >90 % of all publications based on specimens or datasets associated with both collections.

However, museum specimens provide important information beyond how many species exist or where they are distributed. They also offer insights into other ecological and evolutionary aspects relevant to the study of biodiversity and global sustainability (Bartomeus et al., 2018; Schmitt et al., 2018). New technological approaches (e.g., historical DNA genome sequences, high-resolution x-ray CT imaging, automated analysis of sound records, and 3D laser scanning,

among others) open opportunities for various novel research areas such as morphological and ecological shifts (MacLean et al., 2018; Schmitt et al., 2018), the origin and spread of emergent diseases (Schmitt et al., 2018; Flechas et al., 2023), intra- and inter-species interactions (Bartomeus et al., 2018), phenology (Park et al., 2018), and biological invasions (Beaulieu et al., 2018), among many others (Webster, 2017). Despite the large increase in publication numbers over the last decade, the Amphibian and Reptile Collections have been relatively poorly utilized for studying topics such as natural history, conservation, morphology, anatomy, ecology, toxicology, and evolution. This finding reflects the biased use of both collections in previous decades and highlights the need to find new opportunities for using the biological collections to study different and novel lines of research in order to comprehend and tackle current biodiversity challenges. Unfortunately, most specimens housed at the Instituto Humboldt still lack georeferenced data, a phenomenon shared with other Colombian collections holding specimens collected before the 1980's (when GPS devices became more commonly used by scientists in the country), highlighting the need to prioritize georeferencing older specimens. This will likely broaden the use of collections in studies focused on a diverse range of research topics (Vásquez-Restrepo, 2021).

Although there have been numerous worldwide initiatives aimed at digitizing specimen data from biological collections, such as the US National Science Foundation's Advancing Digitization of Biodiversity Collections program, the European Union's Distributed System of Scientific Collections, the Atlas of Living Australia, and more recently GBIF, Colombia has yet to witness the emergence of similar national funded initiatives that promote and finance the digitization of museum material (Monfils et al., 2022). Unfortunately, over 60 % of the herpetological collections in Colombia lack public representation of their data on the GBIF platform, limiting their usage (Vásquez-Restrepo, 2021). However, initiatives such as the Biodiversity Information System (SIB Colombia), the Colombian node for GBIF, continuously promote the need and relevance to make biodiversity data obtained from research studies or biological collections accessible (SIB Colombia, 2024). Furthermore, specialized collection management platforms like Specify, EMu, and Arctos facilitate the processing and integration of biological collection data, allowing researchers to link information from multiple sources across various types of extended specimens (Thomer et al., 2018). These platforms also permit researchers to directly share specimen-related data with open-access repositories like GBIF, or efficiently generate the required file formats for data submission, such as Darwin Core files for GBIF.

Other digital representations of specimens, such as images, have recently been incorporated into both collections, starting with type specimens. The capture of digital images of specimens is a process that not only facilitates their usage for answering biological questions, but also leads to the democratization of collections, expanding their use across numerous fields including social sciences and artistic expression inspired by nature. Likewise, as an essential component of biodiversity documentation, this initiative contributes to establishing computer networks that facilitate the flow of information (Crisci, 2006). As the lack of a digital voucher hampers the accessibility and utilization of biological collections for various research and non-research related undertakings, we expect to continue pursuing the goal of digitizing specimens to be made freely accessible.

CONCLUSIONS

Overall, this study provides clear information on the taxonomic and geographic representation of the second largest reptile and amphibian collections in Colombia, elucidating some of the main knowledge gaps and sampling efforts to help guide future efforts. We also hope to encourage other national and Latin American collections to similarly explore the data housed in their collections to help guide future collecting, georeferencing, digitization and research efforts in a complementary and collaborative way. Considering the importance of natural history museums for research, education, outreach, and their potential to help understand and address current challenges, such as those imposed by the triple planetary crisis, taking steps towards these common goals is imperative in modern times.

Acknowledgements.– We thank Carlos Montaña for his dedication in the curation and maintenance of the amphibian and reptile biological collections at the Instituto Humboldt. We thank Angela Mendoza for her helpful advice with the plots and John Bernal and Felipe Villegas Vélez for some of the pictures here included. We also thank the anonymous reviewers and editors for their helpful advice.

LITERATURE CITED

- Arbeláez-Cortés, E., M.F. Torres, D. López-Álvarez, J.D. Palacio-Mejía, A.M. Mendoza & C.A. Medina. 2015. Colombian frozen biodiversity: 16 years of the tissue collection of the Humboldt Institute. *Acta Biológica Colombiana* 20:163-173.
- Ayala, S.C. & F. Castro. 1983. Dos nuevos gecos (Sauria: Gekkonidae, Sphaerodactylinae) para Colombia: *Lepidoblepharis xanthostigma* (Noble) y descripción de una nueva especie. *Caldasia* 13:743-753.
- Ayala, L.L., L.M. Murcia, J. Barriga, F. García & H. García. 2018. Expediciones científicas nacionales: Colombia Bio-Colciencias. Pp. 22-23. In Moreno, L.A., C. Rueda & G.I. Andrade (Eds.), *Biodiversidad 2017. Estado y Tendencias de la Biodiversidad Continental de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., Colombia.
- Bartomeus, I., J.R. Staver, D. Ward & O. Aguado. 2018. Historical collections as a tool for assessing the global pollination crisis. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 374:20170389.
- Beaulieu, C., C. Lavoie & R. Proulx. 2018. Bookkeeping of insect herbivory trends in herbarium specimens of purple loosestrife (*Lythrum salicaria*). *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 374:20170398.
- Borja-Acosta, K.G. & S.P. Galeano. 2023a. Colección de Anfibios del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH-Am). http://ipt.biodiversidad.co/iavh/resource.do?r=anfibios_coleccion_instituto_humboldt [Consultado en mayo 2023].
- Borja-Acosta, K.G. & S.P. Galeano. 2023b. Colección de Reptiles del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH-R). https://ipt.biodiversidad.co/iavh/resource.do?r=reptiles_coleccion_instituto_humboldt [Consultado en mayo 2023].
- Cadle, J.E. 2010. Systematics, natural history, and hemipenial morphology of *Dendrophidion brunneum* (Günther) (Serpentes: Colubridae), a poorly known snake from the Andes of Ecuador and Peru. *Zootaxa* 2433:1-24.
- Crisci, J.V. 2006. Espejos de nuestra época: biodiversidad, sistemática y educación. *Gayana. Botánica* 63:106-114.
- Duellman, W.E. 1999. Distribution patterns of amphibians in South America. Pp 255-328. In Duellman, W.E. (Ed.), *Patterns of Distribution of Amphibians: a Global Perspective*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, USA.
- Flechas, S.V., J. Urbina, A.J. Crawford, K. Gutiérrez, K. Corrales, L.A. Castellanos, M.A. González, A.M. Cuervo & A. Catenazzi. 2023. First evidence of ranavirus in native and invasive amphibians in Colombia. *Diseases of Aquatic Organisms* 153:51-58.
- Frost, D.R. 2023. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.2. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA. [Consultado en mayo 2023]



- Funk, W.C., M. Caminer & S.R. Ron. 2012. High levels of cryptic species diversity uncovered in Amazonian frogs. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 279:1806-1814.
- Giraldo, L. & S.P. Galeano (Eds.). 2020. *Expediciones Boyacá Bio. Resultados, Retos y Oportunidades*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- Giam, X., B.R. Scheffers, N.S. Sodhi, D.S. Wilcove, G. Ceballos & P.R. Ehrlich. 2012. Reservoirs of richness: least disturbed tropical forests are centres of undescribed species diversity. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 279:67-76.
- Glaw, F., J. Köhler, I. De la Riva, D. Vieites & M. Vences. 2010. Integrative taxonomy of Malagasy treefrogs: combination of molecular genetics, bioacoustics and comparative morphology reveals twelve additional species of *Boophis*. *Zootaxa* 2383:1-82.
- Haddaway, N.R., A.M. Collins, D. Coughlin & S. Kirk. 2015. The role of google scholar in evidence reviews and its applicability to grey literature searching. *PloS ONE* 10:e0138237.
- Harzing, A.W. 2022. Publish or Perish (Version 8). <https://harzing.com/resources/publish-or-perish>
- Hilton, E.J., G.J. Watkins-Colwell & S.K. Huber. 2021. The expanding role of natural history collections. *Ichthyology & Herpetology* 109:379-391.
- Johnson, K.R. & I.F.P. Owens. 2023. A global approach for natural history museum collections. *Science* 373:1192-1194.
- Kerr, J.T. & T.V. Burkey. 2002. Endemism, diversity, and the threat of tropical moist forest extinctions. *Biodiversity & Conservation* 11:695-704.
- 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.
- MacLean, H.J., M.E. Nielsen, J.G. Kingsolver & L.B. Buckley. 2018. Using museum specimens to track morphological shifts through climate change. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 374:20170404.
- McKnight, M.W., P.S. White, R.I. McDonald, J.F. Lamoreux, W. Sechrest, R.S. Ridgely & S.N. Stuart. 2007. Putting beta-diversity on the map: broad-scale congruence and coincidence in the extremes. *PloS Biology* 5:e272.
- Meineke, E.K., T.J. Davies, B.H. Daru & C.C. Davis. 2019. Biological collections for understanding biodiversity in the Anthropocene. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 374:20170386.
- Mendoza-Henao, A.M., O. Acevedo-Charry, D. Martínez-Medina, E. Barona-Cortés, S. Córdoba-Córdoba, P. Caycedo-Rosales, J.S. Ulloa, K.G. Borja-Acosta, A. Buitrago-Cardona & H. Pantoja-Sánchez. 2023. Past, present, and future of a tropical sounds collection from Colombia. *Bioacoustics* 32:474-490.
- Monfils, A.K., E.R. Krimmel, D.L. Linton, T.D. Marsico, A.B. Morris & B.R. Ruhfel. 2022. Collections education: the extended specimen and data acumen. *BioScience* 72:177-188.
- Moura, M.R. & W. Jetz. 2021. Shortfalls and opportunities in terrestrial vertebrate species discovery. *Nature Ecology & Evolution* 5:631-639.
- Negret, P.J., J. Allan, A. Brackowski, M. Maron & J.E. Watson. 2017. Need for conservation planning in postconflict Colombia. *Conservation Biology* 31:499-500.
- Núñez, H. & O. Gálvez. 2015. Catálogo de la Colección Herpetológica del Museo Nacional de Historia Natural y nomenclátor basado en la colección. *Publicación Ocasional del Museo Nacional de Historia Natural, Chile* 64:11-203.
- Ortiz-Yusty, C.E., J.M. Daza, V.P. Paez & B.C. Bock. 2015. The collection of the Herpetological Museum of the University of Antioquia (northwestern Colombia). *Biodiversity Data Journal* 3:e1325.
- Padial, J.M., A. Miralles, I. De la Riva & M. Vences. 2010. The integrative future of taxonomy. *Frontiers in Zoology* 7:16.
- Park, D.S., I. Breckheimer, A.C. Williams, E. Law, A.M. Ellison & C.C. Davis. 2018. Herbarium specimens reveal substantial and unexpected variation in phenological sensitivity across the eastern United States. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 374:20170394.
- Passos, P., P.R. Melo-Sampaio, L.O. Ramos, F.G. Graziotin, A. Fouquet & O. Torres-Carvajal. 2022. When the tail shakes the snake: phylogenetic affinities and morphology of *Atractus badius* (Serpentes: Dipsadidae), reveals some current pitfalls on the snake's genomic age. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences* 94:e20191254.

- Patiño-Ocampo, E., S. Duarte-Marín & M.R. Correa. 2022. Genética, bioacústica y morfología revelan una nueva especie oculta en *Pristimantis dorsopictus* (Anura: Strabomantidae). *Revista Latinoamericana de Herpetología* 5:60-90.
- Pyke, G.H. & P.R. Ehrlich. 2010. Biological collections and ecological/environmental research: a review, some observations and a look to the future. *Biological Reviews* 85:247-266.
- Ramírez-Chaves, H.E., H.F. Arias-Monsalve, J. Henao-Osorio, I.Y. Mejía-Fontecha, L.A. Usama Suarez, V.A. Ramírez-Castaño & J.A. Rojas-Morales. 2021. Colección de reptiles no aves (Reptilia), Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas, Colombia. *Biota Colombiana* 22:173-181.
- Ramírez-Chaves, H.E., H.F. Arias-Monsalve, E.A. Cardona Gálvis, S. Caicedo-Martínez, A. Cardona Giraldo, J.J. Henao-Osorio & J.A. Rojas-Morales. 2023. Colección de Anfibios, Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas, Colombia. *Biota Colombiana* 24:e1077.
- Re:wild, Synchronicity Earth, IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2023. State of the World's Amphibians: the Second Global Amphibian Assessment. Texas, USA: Re:wild. 91 pp.
- 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.
- Schmitt, C.J., J.A. Cook, K.R. Zamudio & S.V. Edwards. 2018. Museum specimens of terrestrial vertebrates are sensitive indicators of environmental change in the Anthropocene. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 374:20170387.
- SiB Colombia. 2024. Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia. <https://biodiversidad.co/> [Consultado en enero 2024]
- Simmons, J.E. & Y. Muñoz-Saba (Eds.). 2005. Cuidado, Manejo y Conservación de las Colecciones Biológicas. Universidad Nacional, Bogotá, Colombia.
- Tenorio, E. A., P. Montoya, N. Norden, S. Rodríguez-Buriticá, B. Salgado-Negret & M.A. Gonzalez. 2023. Mountains exhibit a stronger latitudinal diversity gradient than lowland regions. *Journal of Biogeography* 50:1026-1036.
- Thomer, A. K., N.M. Weber & M.B. Twidale. 2018. Supporting the long-term curation and migration of natural history museum collections databases. *Proceedings of the Association for Information Science and Technology* 55: 504-513.
- Torres-Carvajal, O. 2009. Phylogenetic systematics of lizards of the genus *Stenocercus* (Squamata: Iguania) from the northern Andes. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:727-740.
- Torres, M. & C. Quiñones (Eds.). 2019. Santander Bio: Resultados, Retos y Oportunidades. Editorial Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar, F. Reyes, J. Kudera & J. Hošek (Eds.). 2023. The Reptile Database. <http://www.reptile-database.org> [Consultado en mayo 2023]
- Vásquez-Restrepo, J.D. 2021. Inclusion is not representativeness: the context of Colombian samples in the taxonomic and systematic mid-large herpetological literature. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 4:236-247.
- Vera-Pérez, L., J. Zúñiga-Baos & E. Alzate-Basto. 2019. *Rhinobothryum bovallii* (Andersson, 1916) (Serpentes: Colubridae): nuevas localidades para Colombia, descripción hemipeneal y comentarios sobre su historia natural. *Revista Novedades Colombianas* 14:57-68.
- Webster, M.S. (Ed.). 2017. The Extended Specimen: Emerging Frontiers in Collections-Based Ornithological Research. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Winker, K. 2004. Natural History Museums in a Postbiodiversity Era. *BioScience* 54:455-459.



Apéndice 1. Número de especies y especímenes por cada departamento depositados en las colecciones biológicas de Anfibios (IAvH-Am) y Reptiles (IAvH-R).

Appendix 1. Number of species and specimens for each department deposited in the biological collections of Amphibians (IAvH-Am) and reptiles (IAvH-R).

Departament	Amphibians (IAvH-Am)		Reptiles (IAvH-R)	
	No. Species	No. Specimens	No. Species	No. Specimens
Amazonas	101	811	127	670
Antioquia	107	578	96	319
Arauca	45	1113	60	578
Atlántico	3	24	5	58
Bolívar	25	176	39	549
Boyacá	89	1014	60	379
Caldas	69	553	37	136
Caquetá	37	158	57	158
Casanare	51	1618	67	289
Cauca	97	844	74	321
Cesar	22	76	22	103
Chocó	78	710	113	750
Córdoba	22	105	41	125
Cundinamarca	69	1415	69	450
Guainía	6	13	17	41
Guaviare	10	18	13	34
Huila	38	245	30	93
La Guajira	6	20	23	73
Magdalena	38	716	78	899
Meta	73	949	120	665
Nariño	78	1010	26	75
Santander	16	147	27	54
Putumayo	90	670	53	163
Quindío	28	574	22	56
Risaralda	45	619	19	35
San Andrés, Providencia y Santa Catalina	2	10	12	78
Santander	78	1103	91	385
Sucre	30	583	59	231
Tolima	45	290	65	270
Valle del Cauca	55	186	61	164
Vaupés	45	171	86	212
Vichada	35	589	77	704

Apéndice 2. Número de especies y registros individuales de sonidos para las familias de anuros con especímenes de referencia en la Colección de Anfibios del Instituto Humboldt (IAvH-Am) y la Colección de Sonidos Ambientales (IAvH-CSA).

Appendix 2. Number of species and individual sound records for anuran families with both specimen vouchers in the Amphibian Collection of Instituto Humboldt (IAvH-Am) and the Colección de Sonidos Ambientales (IAvH-CSA).

Family	No. Species	No. Records
Aromobatidae	2	4
Bufo	6	15
Centrolenidae	4	12
Hyla	20	68
Leptodactylidae	8	14
Microhylidae	1	2
Phyllomedusidae	3	5
Strabomantidae	5	9
Total	49	129

Apéndice 3. Representación taxonómica de registros de sonidos de anfibios en departamentos colombianos. Los números entre paréntesis corresponden al recuento de especies con registros de sonidos y especímenes de referencia para cada familia abreviada. Las abreviaturas de las familias son las siguientes: Arom: Aromobatidae, Bufo: Bufonidae, Cent: Centrolenidae, Hyla: Hylidae, Lept: Leptodactylidae, Phyl: Phyllomedusidae, Stra: Strabomantidae.

Appendix 3. Taxonomic representation of sound records of amphibians in Colombian departments. Numbers in parentheses correspond to the count of species with both sound records and voucher specimens for each abbreviated family. Family abbreviations are as follows: Arom: Aromobatidae, Bufo: Bufonidae, Cent: Centrolenidae, Hyla: Hylidae, Lept: Leptodactylidae, Phyl: Phyllomedusidae, Stra: Strabomantidae.

Departments	Family
Bolívar	Hyla (2)
Boyacá	Hyla (2), Stra (2)
Casanare	Bufo (1), Hyla (5),
Córdoba	Hyla (7), Lept (1)
Cundinamarca	Cent (7), Hyla (2), Stra (5)
Huila	Cent (1), Hyla (3), Lept (1)
Meta	Bufo (1), Hyla (16), Lept (6), Micr (2), Phyl (2)
Putumayo	Arom (2), Bufo (3), Cent (3), Hyla (8), Lept (1), Phyl (1), Stra (1)
Santander	Arom (2), Bufo (10), Cent (1), Hyla (23), Lep (5), Phyl (2)

Apéndice 4. Número de especies con muestras de tejido para las familias de anfibios y reptiles alojadas en la Colección de Tejidos del Instituto Humboldt (IAvH-CT).

Appendix 4. Number of species with tissue samples for amphibian and reptile families housed at the Tissue Collection of Instituto Humboldt (IAvH-CT).

Class	Family	No. Species	No. Tissue samples	No. Specimens
Amphibia	Aromobatidae	5	29	670
	Bufonidae	18	129	319
	Centrolenidae	16	54	578
	Ceratophryidae	1	2	58
	Craugastoridae	4	59	549
	Dendrobatidae	20	79	379
	Eleutherodactylidae	1	1	136
	Hemiphractidae	3	9	158
	Hylidae	48	473	289
	Leptodactylidae	25	320	321
	Microhylidae	5	59	103
	Phyllomedusidae	7	25	750
	Pipidae	1	2	125
	Ranidae	2	14	450
	Strabomantidae	81	760	41
	Plethodontidae	7	17	34
	Caeciliidae	3	6	93
	Siphonopidae	2	2	73
	Typhlonectidae	1	2	899
	TOTAL	250	2042	665

Apéndice 4 (cont.). Número de especies con muestras de tejido para las familias de anfibios y reptiles alojadas en la Colección de Tejidos del Instituto Humboldt (IAvH-CT).

Appendix 4 (cont.). Number of species with tissue samples for amphibian and reptile families housed at the Tissue Collection of Instituto Humboldt (IAvH-CT).

Class	Family	No. Species	No. Tissue samples	No. Specimens
Reptilia	Alligatoridae	3	7	75
	Alopoglossidae	3	16	54
	Anolidae	24	192	163
	Corytophanidae	3	10	56
	Diploglossidae	1	2	35
	Gekkonidae	3	27	78
	Gymnophthalmidae	14	86	385
	Iguanidae	1	5	231
	Phyllodactylidae	2	12	270
	Polychrotidae	2	3	164
	Scincidae	3	7	7
	Sphaerodactylidae	12	92	92
	Teiidae	11	27	27
	Tropiduridae	6	29	29
	Anomalepididae	1	3	3
	Boidae	6	16	16
	Colubridae	62	250	250
	Elapidae	5	12	12
	Leptotyphlopidae	2	2	2
	Viperidae	6	33	33
	Chelidae	3	9	9
	Emydidae	1	1	1
	Geoemydidae	1	1	1
	Kinosternidae	2	9	9
	Podocnemididae	3	18	18
	Testudinidae	1	1	1
	TOTAL	181	870	870

Apéndice 5. Representación taxonómica de muestras de tejido de anfibios alojadas en la Colección de Tejidos del Instituto Humboldt (IAvH-CT) a través de los departamentos de Colombia. Los números entre paréntesis corresponden al recuento de especies con muestras de tejido y especímenes de referencia para cada familia abreviada. Las abreviaturas de las familias son las siguientes: Arom: Aromobatidae, Bufo: Bufonidae, Caec: Caeciliidae, Cent: Centrolenidae, Crau: Craugastoridae, Dend: Dendrobatidae, Eleu: Eleutherodactylidae, Hemi: Hemiphractidae, Pipi: Pipidae, Hyli: Hylidae, Lept: Leptodactylidae, Micr: Microhylidae, Phyl: Phyllomedusidae, Plet: Plethodontidae, Rani: Ranidae, Siph: Siphonopidae, Stra: Strabomantidae, Typh: Typhlonectidae.

Appendix 5. Taxonomic representation of tissue samples of amphibians housed at the Colección de Tejidos of the Instituto Humboldt (IAvH-CT) across different departments of Colombia. Numbers in parentheses correspond to the count of species with both tissue samples and voucher specimens for each abbreviated family. Family abbreviations are as follows: Arom: Aromobatidae, Bufo: Bufonidae, Caec: Caeciliidae, Cent: Centrolenidae, Crau: Craugastoridae, Dend: Dendrobatidae, Eleu: Eleutherodactylidae, Hemi: Hemiphractidae, Pipi: Pipidae, Hyli: Hylidae, Lept: Leptodactylidae, Micr: Microhylidae, Phyl: Phyllomedusidae, Plet: Plethodontidae, Rani: Ranidae, Siph: Siphonopidae, Stra: Strabomantidae, Typh: Typhlonectidae).

Departments	Family
Antioquia	Bufo (2), Crau (5), Hyli (1), Stra (38)
Arauca	Bufo (9), Dend (2), Hyli (17), Lept (16), Micr (1), Phyl (1)
San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Lept (2)
Bolívar	Hyli (23), Lept (17), Micr (2)
Boyacá	Arom (14), Bufo (7), Cent (7), Crau (4), Dend (16), Hyli (67), Lept (10), Phyl (1), Stra (157), Plet (1)
Caldas	Lept (2), Stra (8)
Caquetá	Cent (1)
Casanare	Bufo (9), Dend (5), Hyli (14), Lept (20), Rani (2), Stra (8)
Cauca	Hyli (1), Stra (13)
Cesar	Bufo (1), Hyli (1), Lept (7)
Chocó	Cent (6), Crau (21), Dend (12), Hyli (4), Lept (1), Phyl (1), Plet (2), Stra (16)
Córdoba	Bufo (4), Hyli (21), Lept (13), Micr (7),
Cundinamarca	Arom (2), Bufo (10), Cent (11), Hyli (32), Lept (13), Plet (1), Stra (112)
Huila	Bufo (3), Cent (2), Dend (5), Hyli (7), Lept (5), Rani (3)
Magdalena	Cent (2), Dend (1), Hemi (7), Lept (1), Plet (3), Stra (2)
Meta	Arom (1), Bufo (24), Dend (1), Hyli (67), Lept (86), Micr (34), Phyl (5), Plet (1), Stra (13)
Nariño	Hemi (2), Stra (83)
Norte de Santander	Hyli (15), Stra (49), Typh (1)
Putumayo	Arom (5), Bufo (24), Cent (6), Dend (10), Hyli (55), Lept (17), Micr (1), Phyl (11), Plet (2), Rani (3), Stra (52), Siph (1)
Quindío	Cent (4), Dend (2), Stra (19),
Risaralda	Bufo (1), Dend (1), Hyli (2), Stra (34)
Santander	Arom (7), Bufo (20), Cent (6), Crau (23), Dend (20), Eleu (1), Hyli (119), Lept (65), Micr (14), Phyl (6), Plet (7), Rani (6), Stra (98), Caec (5)
Sucre	Lept (3), Caec (1), Typh (1)
Tolima	Bufo (2), Cent (2), Hyli (2), Lept (8), Siph (1), Stra (39)
Valle del Cauca	Bufo (5), Cent (7), Crau (6), Dend (4), Lept (1), Stra (19)
Vichada	Bufo (8), Hyli (25), Lept (33), Pipi (2)

Apéndice 6. Representación taxonómica de muestras de tejido de reptiles alojadas en la Colección de Tejidos del Instituto Humboldt (IAVH-CT) a través de los departamentos de Colombia. Los números entre paréntesis corresponden al recuento de especies con muestras de tejido y especímenes de referencia para cada familia abreviada. Las abreviaturas de las familias son las siguientes: Alli: Alligatoridae, Alop: Alopoglossidae, Anol: Anolidae, Anom: Anomalepididae, Cory: Corytophanidae, Dipl: Diploglossidae, Gekk: Gekkonidae, Gym: Gymnophthalmidae, Igua: Iguanidae, Phyl: Phyllodactylidae, Poly: Polychrotidae, Scin: Scincidae, Spha: Sphaerodactylidae, Teii: Teiidae, Trop: Tropiduridae, Boid: Boidae, Colu: Colubridae, Elap: Elapidae, Lept: Leptotyphlopidae, Vipe: Viperidae, Chel: Chelidae, Emyd: Emydidae, Geoe: Geoemydidae, Kino: Kinosternidae, Podo: Podocnemididae, Test: Testudinidae.

Appendix 6. Taxonomic representation of tissue samples of reptiles housed at the Colección de Tejidos of the Instituto Humboldt (IAVH-CT) across different departments of Colombia. Numbers in parentheses correspond to the count of species with both tissue samples and voucher specimens for each abbreviated family. Families abbreviations are as follows: Alli: Alligatoridae, Alop: Alopoglossidae, Anol: Anolidae, Anom: Anomalepididae, Cory: Corytophanidae, Dipl: Diploglossidae, Gekk: Gekkonidae, Gym: Gymnophthalmidae, Igua: Iguanidae, Phyl: Phyllodactylidae, Poly: Polychrotidae, Scin: Scincidae, Spha: Sphaerodactylidae, Teii: Teiidae, Trop: Tropiduridae, Boid: Boidae, Colu: Colubridae, Elap: Elapidae, Lept: Leptotyphlopidae, Vipe: Viperidae, Chel: Chelidae, Emyd: Emydidae, Geoe: Geoemydidae, Kino: Kinosternidae, Podo: Podocnemididae, Test: Testudinidae.

Departments	Family
Antioquia	Gymn (2), Geoe (1)
Arauca	Anol (2), Teii (2), Colu (5), Vipe (9), Kino (1)
San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Anol (3), Gekk (1), Igua (1), Spha (1), Teii (1)
Bolívar	Anol (5), Gekk (1), Gymn (1), Spha (5), Teii (2), Anom (1), Colu (12)
Boyacá	Alop (3), Anol (16), Gekk (1), Gymn (36), Phyl (1), Poly (1), Spha (1), Teii (1), Trop (8), Colu (28), Elap (1), Vipe (2)
Casanare	Anol (1), Spha (6), Teii (1), Colu (8), Vipe (1)
Cesar	Anol (3), Cory (1), Gekk (1), Gymn (1), Phyl (1), Spha (3), Teii (1), Colu (3)
Chocó	Anol (17), Cory (1), Gymn (1), Phyl (1), Boid (2), Colu (7), Elap (1), Vipe (2), Kino (1)
Córdoba	Anol (10), Gekk (4), Gymn (6), Scin (2), Spha (9), Boid (1), Colu (13), Vipe (2)
Cundinamarca	Anol (9), Gymn (1), Spha (1), Trop (2), Colu (23), Vipe (1)
Huila	Anol (4), Gekk (1), Gymn (1), Phyl (2), Spha (7), Teii (1), Colu (3), Elap (1)
Magdalena	Spha (2), Trop (2), Colu (1)
Meta	Alli (6), Alop (9), Anol (24), Gekk (3), Gymn (5), Igua (3), Scin (3), Spha (15), Teii (5), Boid (3), Colu (18), Elap (1), Viper (5), Chel (5), Kino (1), Podo (7)
Putumayo	Alli (1), Anol (33), Gekk (2), Gymn (11), Phyl (1), Spha (5), Trop (2), Colu (19), Elap (3), Viper (3)
Quindío	Anol (5), Colu (7)
Santander	Alop (4), Anol (52), Cory (6), Dipl (2), Gekk (3), Gymn (20), Igua (1), Phyl (5), Poly (1), Spha (29), Teii (6), Trop (3), Anom (2), Boid (5), Colu (79), Elap (5), Lept (1), Vipe (7), Emyd (1), Kino (2)
Sucre	Anol (3), Cory (2), Phyl (1), Spha (2), Colu (4), Vipe (1)
Valle del Cauca	Gekk (1), Spha (4), Colu (2), Lept (1)
Vichada	Anol (5), Gekk (9), Gymn (1), Poly (1), Scin (2), Spha (2), Teii (7), Trop (12), Boid (5), Colu (18), Chel (4), Kino (4), Podo (11), Test (1)

Apéndice 7. Número de especies con hemipenes preparados para las familias de reptiles alojadas en la Colección de Reptiles del Instituto Humboldt (IAvH-R).

Appendix 7. Number of species with prepared hemipenes for reptile families housed at the Reptile Collection of Instituto Humboldt (IAvH-R).

Family	No. Species	No. Hemipenes
Alopoglossidae	1	1
Amphisbaenidae	1	1
Boidae	4	6
Colubridae	41	132
Corytophanidae	1	1
Anolidae	5	8
Elapidae	8	17
Gekkonidae	2	2
Gymnophthalmidae	2	3
Hoplocercidae	2	2
Scincidae	1	1
Sphaerodactylidae	1	4
Teiidae	5	5
Tropiduridae	3	4
Viperidae	11	49
TOTAL	88	236

Apéndice 8. Resumen de 112 fuentes publicadas que utilizaron la colección de Anfibios (A) y/o Reptiles (R) del Instituto Humboldt de 2000 a 2023. Se proporciona el número de referencias por recurso de la colección y tema de investigación para ambas colecciones.

Appendix 8. Summary of 112 published sources that used the Amphibian (A) and/or Reptile (R) collection of Instituto Humboldt 2000-2023. Provided are the number of references by collection resource and research topic for both collections.

Collection resource	Research Topic																	
	Taxonomy and systematics		Natural history		Ecology		Distribution			Morphology and anatomy		Evolution		Toxicology		Conservation		Species list
	A	R	A	R	A	R	A	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R	
Specimen	26	16	6	2	3	2	21	16	1	5	0	0	0	1	5	0	2	2
Tissues	0	3	0	0	1		1	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Hemipenes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sounds	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Eggs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Metadata	1	2	1	0	1	0	3	7	0	0	0	0	0	0	0	2	3	1

FROG EGGS ON THE MENU: RINGED GLASSTAIL SNAKE, *PLIOCERCUS EURYZONUS* (SQUAMATA: DIPSADIDAE) PREYING ON AN EGG MASS OF GLIDING LEAF FROG, *AGALYCHNIS SPURRELLI* (ANURA: PHYLLOMEDUSIDAE) IN COSTA RICA

HUEVOS DE RANA EN EL MENÚ: COLA DE VIDRIO ANILLADA, *PLIOCERCUS EURYZONUS* (SQUAMATA: DIPSADIDAE) DEPREDANDO UNA MASA DE HUEVOS DE RANA PLANEADORA, *AGALYCHNIS SPURRELLI* (ANURA: PHYLLOMEDUSIDAE) EN COSTA RICA

Alexander Moya-Valverde^{1*} & Rosbil González²

¹Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Costa Rica, Heredia, Costa Rica.

²Rainforest Adventures, Pococí, Limón, Costa Rica.

*Correspondence: jolexmovalst@gmail.com

Received: 2024-10-16. Accepted: : 2025-03-24. Published: 2025-06-09.

Editor: Anyelet Valencia-Aguilar, Colombia.

Resumen.— Reportamos la primera observación de la serpiente Cola de Vidrio Anillada (*Pliocercus euryzonus*) alimentándose de huevos de la Rana Planeadora (*Agalychnis spurrelli*). Esta nota se suma al creciente conocimiento sobre la dieta de serpientes crípticas y muestra otro registro de oofagia en serpientes. También añade a los depredadores conocidos de *Agalychnis spurrelli* y la importancia de su ecología reproductiva como agregación de presas para otras especies.

Palabras clave.— Comportamiento alimenticio, depredación, estructuras humanas, oofagia, serpiente falsa coral.

Abstract.— We report the first observation of the Ringed Glasstail Snake (*Pliocercus euryzonus*) feeding on eggs of the Gliding Leaf Frog (*Agalychnis spurrelli*). This report contributes to the expanding knowledge of the dietary habits of cryptic snake species and provides an additional record of oophagy within snakes. Furthermore, it adds to the list of known predators of *Agalychnis spurrelli*, highlighting the significance of its reproductive ecology, particularly in relation to prey aggregation for other species.

Keywords.— False coral snake, feeding behavior, human structures, oophagy, predation.

The Ringed Glasstail (*Pliocercus euryzonus*) is an uncommon terrestrial dipsadid distributed across Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panama, western Colombia and northwestern Ecuador, occurring at elevations ranging from 0 to 2,750 m a.s.l. (Savage, 2002; Wallach et al., 2014). However, in Costa Rica its presence has only been recorded up to 1,500 m a.s.l. (Leenders, 2019).

Pliocercus euryzonus has been documented preying on various amphibians, including frogs of the genus *Craugastor* (Leenders, 2019; Sosa-Bartuano & Toribio, 2023), *Pristimantis* (Griesbaum et al., 2023), *Smilisca* (Sosa-Bartuano & Toribio, 2023), as well as salamanders (Leenders, 2019), fish (Durango et al., 2022) and eggs of the leaf frog *Agalychnis callidryas* (Vriesendorp & Robertson, 2007; Alvarado et al., 2024).

The Gliding Leaf Frog (*Agalychnis spurrelli*) occurs at elevations below 750 m a.s.l., ranging from Costa Rica to northwestern Ecuador (Savage, 2002; Leenders, 2016). The species is known for its explosive reproductive events using pools, wetlands, slow-moving creeks, or artificial ponds as breeding sites, typically found in primary or secondary forests with abundant large tree remnants (Duellman, 1970; Gray & Gray, 1997). A list of the reported predators of *Agalychnis spurrelli* is provided in Table 1.

Pliocercus euryzonus has been observed climbing a tree where *Agalychnis spurrelli* individuals were calling, no predation attempt was recorded (Griesbaum et al., 2023). In this report, we present the first observation of *Pliocercus euryzonus* preying on an egg mass of *Agalychnis spurrelli*.

Tabla 1. Depredadores históricos y nuevos reportes de las diferentes etapas de vida de *Agalychnis spurrelli*. *Reportado por Ortega-Andrade (2008) como *Morpho* spp. (Formicidae), pero la observación se refiere a una especie de avispa sin describir (Ortega-Andrade, comunicación personal, Sep 23, 2024)..

Table 1. THistorical and newly reported predators of the different life stages of *Agalychnis spurrelli*. *Reported by Ortega-Andrade (2008) as *Morpho* spp. (Formicidae), but the observation is referring to an undescribed wasp species (Ortega-Andrade, personal communication, Sep 23, 2024).

Clase	Orden	Family	Species	Egg	Tadpole	Metamorph	Adult	Author
Arachnida	Araneae	Ctenidae	<i>Ctenus</i> sp.			X		Ortega-Andrade, 2008
Arachnida	Araneae	Theraphosidae	<i>Xenotesis inmanensis</i>			X		Ortega-Andrade, 2008
Arachnida	Amblypygi	Phryniidae	<i>Paraphrynus laevifrons</i>			X		(Escalante & Acuña, 2021
Insecta	Hymenoptera	Formicidae	<i>Morpho</i> spp. *	X				Ortega-Andrade, 2008
Insecta	Hymenoptera	Formicidae	<i>Iridocoderinae</i> sp.	X				Vargas Salinas et al., 2000
Insecta	Hymenoptera	Formicidae	<i>Paraponera clavata</i>	X				Vargas & Gutiérrez, 2005
Insecta	Hymenoptera	Formicidae	<i>Ectatomma</i> sp.	X				Vargas & Gutiérrez, 2005
Insecta	Diptera	Phoridae	<i>Megaselia randi</i>	X				Brown & Horan, 2012
Insecta	Diptera	Muscidae	<i>Limnophora</i> sp.	X				Ortega-Andrade, 2008
Insecta	Hemiptera	Belostomatidae	<i>Belostoma asiaticum</i>		X			Ortega-Andrade, 2008
Actinopterygii	Characiformes	Characidae	<i>Astyanax</i> sp.		X			Vargas & Gutiérrez, 2005; Vargas Salinas et al., 2000
Reptilia	Anura	Leptodactylidae	<i>Leptodactylus savagei</i>	X				Escalante, 2022
Sauropsida	Crocodylia	Alligatoridae	<i>Caiman crocodilus</i>				X	Güell et al., 2019
Sauropsida	Testudines	Chelydridae	<i>Chelydra acutirostris</i>		X			Ortega-Andrade, 2008
Sauropsida	Testudines	Kinosternidae	<i>Kinosternon leucostomum</i>					Ortega-Andrade, 2008
Reptilia	Squamata	Colubridae	<i>Leptodeira</i> sp.	X		X	X	Gomez-Mestre & Warkentin, 2007, 2007; Güell et al., 2024; Güell & Warkentin, 2023; Ortega-Andrade, 2008; Vargas & Gutiérrez, 2005; Vargas Salinas et al., 2000
Reptilia	Squamata	Dipsadidae	<i>Pliocercus euryzonus</i>	X				Current study
Aves	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Tigrisoma mexicanum</i>				X	Güell et al., 2019
Aves	Passeriformes	Cotingidae	<i>Cephalopterus penduliger</i>				X	Ortega-Andrade, 2008

On 27 June 2024, at 22:32 h, one of the researchers (AMV) encountered an adult *P. euryzonus* feeding on a clutch of *A. spurrelli* eggs. The egg mass was attached to a wooden pole of a small bridge crossing a pond within the butterfly garden at the Rainforest Adventures theme park, located near Braulio Carrillo National Park, in Pococí, Limón, Costa Rica (10° 10' 25" N, 83° 54' 50" W, 542 m a.s.l.). The snake used the posterior portion of its body to suspend itself from the bridge while using its head to forcefully detach the eggs from the pole. Afterward, the snake

swallowed the detached eggs, repeating this process multiple times (Fig. 1).

The same researcher found what is presumably the same snake (based on photographs of the dorsal pattern) the night before (June 26 2024), in exactly the same spot, but as he was approaching the snake, it moved trying to escape, so no predatory behavior was observed. It is possible that the snake had been foraging or feeding on the same clutch across multiple





Figura 1. *Leptodactylus savagei* depredando a *Agalychnis callidryas*, Reserva Biológica Tirimbina, Costa Rica, 22 de octubre, 2024. Foto: Alexander Moya-Valverde.

Figure 1. *Leptodactylus savagei* preying on *Agalychnis callidryas*, Tirimbina Biological Reserve, Costa Rica, October 22, 2024. Photo: Alexander Moya-Valverde.

occasions. On September 22 2024, at 23:06 h, AMV observed another individual of *Pliocercus euryzonus* in a pond outside the butterfly garden. The snake was climbing the base of a palm tree, surrounded by several egg masses and amplexing pairs of *Agalychnis callidryas*. Individuals of *Agalychnis spurrelli* also uses this pond during the explosive reproductive events.

This note contributes to the growing understanding of the diet of cryptic snakes and provides an additional record of oophagy in this group. Previous studies have suggested that *Pliocercus euryzonus* spends considerable time foraging near water (Durango et al., 2022), climbing the vegetation in search of prey (Griesbaum et al., 2023). Our observations add more information about the species' foraging behavior. This note also adds to the known predators of *A. spurrelli* and the importance of its reproductive ecology as prey aggregation for other species.

Acknowledgements.— Special thanks to Rainforest Adventures theme park for giving us access to the property and supporting us during the year-long herpetofauna research yet to be published.

LITERATURE CITED

- Alvarado, J.G.A., D. Varela-Soto, C. Gómez-Campos, M. O'Donnell & N.G Sales. 2024. Notes on the diet of the ground snakes *Pliocercus euryzonus* and *Urotheca guentheri* (Squamata: Dipsadidae) from Costa Rica. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 7:177-180.
- Brown, B. & R. Horan. 2012. A key to neotropical region frog-egg-feeding species of *Megaselia* (Diptera: Phoridae), with a new species from Panama. *Contributions in science* 520:1-4.
- Duellman, W.E. 1970. *The Hyliid Frogs of Middle America*. University of Kansas, Lawrence, Kansas, USA.
- Durango, J., E. Garzón-Franco, M. Mejía & J. Arredondo. 2022. Predation by a Cope's False Coralsnake, *Pliocercus euryzonus* (Cope 1862) (Dipsadidae), on a catfish (Trichomycteridae: *Trichomycterus*) in the northern Andes of Colombia. *Reptiles & Amphibians* 29:95-97.
- Escalante, R. 2022. Predation on Gliding Leaf Frog (*Agalychnis spurrelli*) eggs by Savage's Thin-toed Frog (*Leptodactylus savagei*) tadpoles in Sierpe de Osa, Costa Rica. *Reptiles & Amphibians* 29:83-84.
- Escalante, R. & D. Acuña. 2021. Tailless Whip Scorpions (*Paraphrynus laevisfrons*) preying on metamorphic juvenile Gliding Leaf Frogs (*Agalychnis spurrelli*) in Costa Rica. *Reptiles & Amphibians* 28:96-97.
- Gomez-Mestre, I. & K.M. Warkentin. 2007. To hatch and hatch not: similar selective trade-offs but different responses to egg predators in two closely related, syntopic treefrogs. *Oecologia* 153:197-206.
- Gray, A.R. & A.R. Gray. 1997. Observations on the biology of *Agalychnis spurrelli* from the caribbean lowlands of Costa Rica. *Herptile* 22:61-71.
- 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.

- Güell, B. A., J.G. McDaniel & K.M. Warkentin. 2024. Egg-clutch biomechanics affect escape-hatching behavior and performance. *Integrative Organismal Biology* 6:oba006.
- Güell, B. A. & K.M. Warkentin. 2023. To hatch and hatch not: does heterochrony in onset of vestibular mechanosensing explain species differences in escape-hatching success of *Agalychnis* embryos in snake attacks? *Behavioral Ecology and Sociobiology* 77:141.
- Güell, B., K. González & F. Pedroso-Santos. 2019. Opportunistic predation by two aquatic-feeding predators on an explosive-breeding aggregation of arboreal gliding treefrogs (*Agalychnis spurrelli* Boulenger, 1913; Anura Phyllomedusidae) on the Osa Peninsula of Costa Rica. *Herpetology Notes* 12:795-798.
- Leenders, T. 2016. *Amphibians of Costa Rica: a Field Guide*. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- Leenders, T. 2019. *Reptiles of Costa Rica: a Field Guide*. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- Ortega-Andrade, H. M. 2008. *Agalychnis spurrelli* Boulenger (Anura: Hylidae): variación, distribución y sinonimia. *Papéis Avulsos de Zoologia* 48:103-117.
- 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, USA.
- Sosa-Bartuano, A. & E. Toribio. 2023. On the diet of *Pliocercus euryzonus* Cope 1862 (Squamata: Dipsadidae). *The Captive & Field Herpetology Journal* 6:26-28.
- Vargas, F., & P.D.A. Gutiérrez. 2005. Cambios morfológicos y mortalidad en embriones y renacuajos de *Agalychnis spurrelli* Boulenger (Anura: Hylidae). *Actualidades Biológicas* 27:189-202.
- Vargas Salinas, F., M. Bolaños-L & H. Berrio-Baca. 2000. Notas sobre la ecología reproductiva de *Agalychnis spurrelli* (Anura Hylidae) en una población de Anchicayá, Pacífico colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 24:85-100.
- Vriesendorp C. & J.M. Robertson. 2007. *Urotheca* (*Pliocercus*) *euryzonus* (Halloween Snake): Diet. *Herpetological Review* 38:470-471.
- Wallach, V., K. Williams & J. Boundy. 2014. *Snakes of the World. A Catalogue of Living and Extinct Species*. CRC Press, Florida, USA.



MORPHOLOGICAL DESCRIPTION AND ANCESTRAL STATE RECONSTRUCTION OF THE HEMIPENES OF FIVE *ANOLIS* SPECIES (SQUAMATA: DACTYLOIDAE) DISTRIBUTED IN THE TRANS-ANDEAN REGION IN COLOMBIA

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA Y RECONSTRUCCIÓN ANCESTRAL DE CARACTERES DE LOS HEMIPENES DE CINCO ESPECIES DE *ANOLIS* (SQUAMATA: DACTYLOIDAE) DISTRIBUÍDAS EN LA REGIÓN TRANS-ANDINA DE COLOMBIA

Stiven Melo-Torres^{1*}, Juliana Uchima¹, Nelsy Pinto-Sánchez¹ & Paola Sánchez-Martínez²

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

²Laboratório de Herpetologia da Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Zoologia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil.

* Correspondence: stvmelot@gmail.com

Received: 2024-09-19. Accepted: 2025-03-04. Published: 2025-06-09.

Editor: Pier Cacciali, Paraguay.

Resumen.— La morfología de los genitales masculinos, los hemipenes, ha sido de gran importancia y bastante útil para la identificación, diferenciación y taxonomía de Squamata, especialmente para especies con morfología externa similar, asimismo ha sido ampliamente utilizado para el establecimiento de relaciones filogenéticas. En los Andes Colombianos se encuentran 29 especies de *Anolis* pertenecientes al grupo fuscoauratus, lagartos con morfología muy similar, lo que los hace normalmente muy difíciles de identificar. Aquí estudiamos y comparamos la morfología hemipenial de cinco especies de *Anolis* distribuidos en los Andes Colombianos: *Anolis antonii*, *A. fuscoauratus*, *A. mariarum*, *A. tolimensis* y *Anolis* candidata 1. Para establecer si los caracteres hemipeniales pueden ser útiles para diferenciar entre estas especies realizamos una reconstrucción filogenética y ancestral de caracteres, incluyendo las especies anteriormente mencionadas junto con otras cercanas filogenéticamente. Nuestras observaciones evidenciaron que la presencia de la cresta de piel en la cara asulcada, su tamaño y extensión, así como el tamaño de los lóbulos respecto a la longitud total del hemipene, y la presencia de proyecciones carnosas pueden ser ampliamente útiles para la identificación de especies de *Anolis*. También presentamos la primera descripción de este órgano para *A. antonii* y *A. tolimensis*, y encontramos tres morfologías diferentes para *A. mariarum*. Finalmente, soportamos la propuesta de la nueva especie *Anolis* candidata 1, debido a su morfología hemipenial distinta a las demás especies del género, especialmente debido a su tamaño y prominencia de la cresta de piel.

Palabras clave.— Estructuras hemipeniales, genitales masculinos, región neotropical, taxonomía..

Abstract.— Morphology of the male genitalia, the hemipenis, have shown to be very important and useful for identification, differentiation and taxonomy of squamates, especially for species that have very similar external morphology, it has also been used in the establishment of phylogenetic relationships. In the Colombian Andes, there are 29 species of *Anolis* belonging to the fuscoauratus group, lizards with very similar external morphology, which usually makes them very difficult to identify. Here we studied and compared the hemipenial morphology of five species of *Anolis* distributed on Colombian Andes: *Anolis antonii*, *A. fuscoauratus*, *A. mariarum*, *A. tolimensis* and a recently proposed species from the eastern cordillera, *Anolis* candidate 1. In order to establish if hemipenial characters would be useful to differentiate these species, we also made a phylogenetic and ancestral state reconstruction, including the mentioned species and others phylogenetically close. Our observations showed that presence of skin ridge on the asulcate face, its size and extension, as well as lobes size with respect to the total length of the hemipenis, and presence of fleshy projections can be very useful for identification of *Anolis* species. We also presented the first description of this organ for *A. antonii* and *A. tolimensis*. Also, we found three different morphologies for *A. mariarum*. Finally, we support the *Anolis* candidate one due to its different hemipenial morphology with respect to other species of the genus, which mainly differs for its size and prominence of its skin ridge.

Keywords.— Hemipenial structures, male genitalia, Neotropical region, taxonomy..

INTRODUCTION

Males of Squamata order have copulatory organs called hemipenes, which are paired and retracted towards base of tail (Böhme & Ziegler, 2009; Pough et al., 2016). During copulation, these are everted inside the female cloaca to transfer sperm through the sulcus spermaticus (Arnold, 1986; Böhme & Ziegler, 2009). These organs show great morphological variation in some groups such as *Siphlophis*, *Anolis*, and *Iphisa* (Zaher & Prudente, 1999; Köhler, 2009; Albano de Mello et al., 2023), and evolve rapidly compared to external characters, allowing differentiation between taxa (Arnqvist, 1997; Hosken & Stockley, 2004; Köhler et al., 2003; Köhler & Sunyer, 2008; Albano de Mello et al., 2023). However, in some groups such as Chamaeleonidae and Elapidae families this organ is very conservative (Klaver & Böhme, 1986; Keogh, 1999), hemipenes are often considered a source of useful characters in taxonomy and phylogeny of a variety of species (Köhler & Sunyer, 2008; Böhme & Ziegler, 2009; Köhler et al., 2012; da Silva et al., 2013; Gredler et al., 2014; D'Angiolella et al., 2016; Klaczko et al., 2017; Albano de Mello et al., 2023), especially in those with similar external morphology where identification is often challenging (Quipildor et al., 2018a; De-Lima et al., 2019). As mentioned above, hemipenial morphology can be highly variable. These organs might be unilobed or bilobed and exhibit ornamentations such as spines, ridges, papillae, or horns. Additionally, these organs exhibit a wide variation in size, thickness, and length of both trunk and lobes, as well as in the degree of development of sulcal lips, the presence of folds, flounces, wrinkles, and other characters (Dowling & Savage, 1960; Kluge, 1982; Böhme & Ziegler, 2009; Vitt & Caldwell, 2014; Gredler et al., 2015; Pough et al., 2016; Gilman et al., 2018; De-Lima et al., 2019).

Hemipenial morphology in anole lizards provided relevant evidence to identify and resolve the taxonomy of cryptic anole species (Köhler & Sunyer, 2008; Köhler & Vesely, 2010; Köhler et al., 2010, 2012; D'Angiolella et al., 2016). Köhler et al. (2012) studied the populations of *A. tropidogaster* distributed in Central America, which show very similar external morphology but exhibit a very distinct in their hemipenial morphology. Using the variation in the hemipenial morphology, Köhler et al. (2012) differentiated those populations into two species: *A. tropidogaster*, which has large, bulbous, and bilobed hemipenes, and *A. gagei*, with small, thin, and unilobed hemipenes. D'Angiolella et al. (2016) described the hemipenial morphology of 12 species of *Anolis*, revealing a general pattern in which the hemipenes of most species are bilobed, although some are unilobed. Their lobes are calyculate, either globular or tubular, and, in most of the species, present a naked area or nude disk, depending on whether sulcal lips are

present or not. The *sulcus spermaticus* is bifurcated, deep, and extended to the lobes (D'Angiolella et al., 2016).

According to Moreno-Arias et al. (2021) and Uetz et al. (2023), among the *Anolis* species distributed in Colombia, are *A. antonii* (Western and Central Cordilleras), *A. fuscoauratus* (Amazonian region with its occurrence confirmed in the Magdalena Valley by Grisales et al., 2017), *A. mariarum* (in the Western and Central Cordilleras), and *A. tolimensis* (Central and Eastern Cordilleras). All these species were previously nested in the *fuscoauratus* group (Williams, 1976; Ayala & Williams, 1988; Savage, 2002; Nicholson, 2002), which now is recognized as polyphyletic (Nicholson, 2002; Poe, 2004; Nicholson et al., 2012).

Acevedo et al. (data not published) recently studied disjunct populations of *A. tolimensis* distributed in Central and Eastern Cordillera using an integrative taxonomic approach that includes molecular, morphological, and ecological information. They found that these populations correspond to a species complex with at least three new species, one of which is referred to as *Anolis* candidate 1. This species is distributed in the Eastern Cordillera of Colombia specifically in the localities of San Antonio, Tena, and Sylvania, at Cundinamarca department.

Based on the aforementioned information, we describe and compare the morphology of the hemipenes of *A. antonii*, *A. fuscoauratus*, *A. mariarum*, *A. tolimensis*, and *Anolis* candidate 1 to determine whether this morphology provides valuable taxonomic evidence for differentiating these species. We also evaluated the hypothesis proposed by Acevedo et al. (data not published), which points out that the populations of *A. tolimensis* distributed in the Central Cordillera differs from *Anolis* candidate 1, which is distributed in the Eastern Cordillera. Additionally, we described and optimized morphological characters through ancestral reconstruction to determine if they provide helpful and systematic information for the group.

MATERIALS AND METHODS

Our study aimed to examine hemipenes of 18 specimens from five species of the genus *Anolis* (analyzed specimens by species in parenthesis): *A. antonii* (5), *A. fuscoauratus* (5), *A. mariarum* (5), *A. tolimensis* (1), and *Anolis* candidate 1 (2) proposed by Acevedo et al. (data not published). These species are distributed in the cordilleras of Colombia, except for *A. fuscoauratus*, which is found across the Amazon basin (Fig. 1). We used the specimens deposited at the Colección Zoológica "José Ricardo Cure Hakim"

of the Universidad Militar Nueva Granada (CZCH-UMNG) (2 specimens) and the Colección de Herpetología del Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá, Colombia (ICN-MHN-Her) (18 specimens) (Table 1).

Preparation and description of hemipenes

Due to the size and fragility of these organs in the species studied, we used only specimens with fully or partially everted hemipenes.

We followed techniques from Pesantes (1994) and Zaher & Prudente (2003). First, we made an incision at the base of the tail to extract the structure. Then, the organs were immersed in 2 % potassium hydroxide for 30-second intervals until they became translucent and soft. We filled the organs with colored petroleum jelly and everted them with the help of insulin needles with rounded tips. We took photographs of the sulcate and asulcate views using a camera attached to a Stereomicroscope. Descriptions were made following the terminology proposed

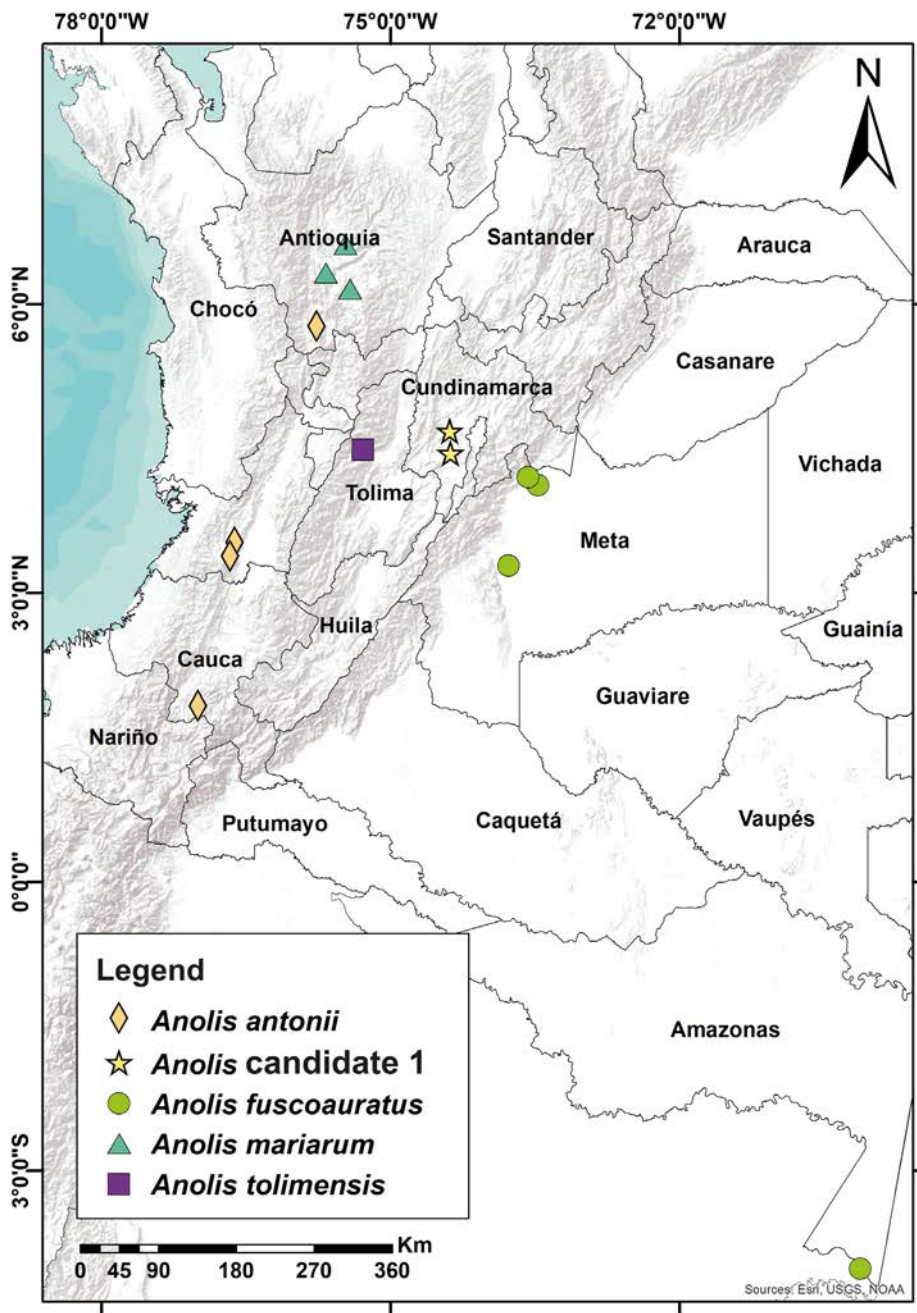


Figura 1. Localidades de colecta de los especímenes del grupo *fuscoauratus* usados en este estudio.

Figure 1. Collection localities of the specimens of *fuscoauratus* group used in this study

Tabla 1. Número de colecta, localidad, y estado de hemipenes de los especímenes de *Anolis* preparados en el trabajo. Las abreviaciones son: EP, Evertidos parcialmente; ET, Evertidos totalmente; ICN, Colección de Herpetología del Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá, Colombia; CZCH-UMNG-R, Colección de Herpetología José Ricardo Cure Hakim, Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá, Colombia.

Table 1. Collection number, range, locality, and hemipenes status of *Anolis* specimens prepared in this work. The abbreviations are as follows: EP, Partially Everted; ET, Totally Everted; ICN, Colección de Herpetología del Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá, Colombia; CZCH-UMNG-R, Colección de Herpetología José Ricardo Cure Hakim, Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá, Colombia.

Collection number	Species	Mountain range	Location	Hemipenes status
ICN3775	<i>Anolis antonii</i>	Western	Valle del Cauca, Km 18 Cali vía el mar	EP
ICN3778	<i>Anolis antonii</i>	Central	Antioquia, Jericho	ET
ICN3786	<i>Anolis antonii</i>	Western	Cauca, Bolívar	EP
ICN3788	<i>Anolis antonii</i>	Western	Valle del Cauca, Peñas Blancas	ET
ICN4436	<i>Anolis antonii</i>	Western	Valle del Cauca, Peñas Blancas	EP
ICN4437	<i>Anolis fuscoauratus</i>	Not in cordillera	Meta, San Juan de Arama	ET
ICN8614	<i>Anolis fuscoauratus</i>	Not in cordillera	Meta, San Juan de Arama	ET
ICN11069	<i>Anolis fuscoauratus</i>	Not in cordillera	Amazonas, Leticia	EP
ICN11069	<i>Anolis fuscoauratus</i>	Not in cordillera	Meta, Villavicencio	EP
ICN11073	<i>Anolis fuscoauratus</i>	Not in cordillera	Meta, Villavicencio	ET
ICN3807	<i>Anolis mariarum</i>	Central	Antioquia, Santa Rosa de Osos	EP
ICN3808	<i>Anolis mariarum</i>	Central	Antioquia, Km 9 SE Palmitas	ET
ICN3791	<i>Anolis mariarum</i>	Central	Antioquia, Rionegro	ET
ICN3793	<i>Anolis mariarum</i>	Central	Antioquia, Rionegro	ET
ICN3799	<i>Anolis mariarum</i>	Central	Antioquia, Rionegro	ET
ICN3785	<i>Anolis tolimensis</i>	Central	Tolima, Llanitos	ET
ICN5966	<i>Anolis</i> candidate 1	Eastern	Cundinamarca, Tena	ET
CZCH-UMNG-R:185	<i>Anolis</i> candidate 1	Eastern	Cundinamarca, Silvania	EP

by Klaver and Böhme (1986), Branch (1986), Zaher (1999), and D'Angiolella et al. (2016). Based on the morphological descriptions, five characters and their states were defined to reconstruct their evolutionary history.

Phylogenetic reconstruction and ancestral states

We performed the phylogenetic reconstruction using ND2 gene sequences generated by Grisales-Martínez et al. (2017). We also included the sequence of *Anolis* candidate 1, a new species proposed by Acevedo et al. (data not published), along with other species closely related to *Anolis fuscoauratus*, based on the phylogenetic hypothesis by Poe et al. (2017) (Table 2). The selection criteria for the chosen species were based on the availability of hemipenes descriptions in the literature (view Appendix 1 to see characteristics of all species used). We also

used *A. cristatellus*, *A. stratulus*, and *A. auratus* as outgroups, selected for their close phylogenetic relationship to the chosen species according to Poe et al. (2017) and Nicholson et al. (2018). We performed the sequence alignment with MAFFT v7 using the default parameters and conducted maximum likelihood and ultrafast bootstrap analyses (BS) with 1,000 replicates using IQ-TREE (<http://iqtree.cibiv.univie.ac.at>).

We performed ancestral state reconstruction (AR) (Table 3) using the R v4.3.1 (<https://www.r-project.org>) with the phytools package (Revell, 2012). Equal-rates (ER) model was used instead of all-rates-different (ARD) model, based on AIC value selection (Revell & Harmon, 2022). We defined the character states based on characteristics observed and recorded in the literature. As we identified three hemipenial morphologies for *Anolis mariarum*,

Tabla 2. Secuencias con el número de acceso de GenBank usadas la reconstrucción filogenética en este estudio. El grupo externo está indicado por un asterisco (*).**Table 2.** Sequences with GenBank accession numbers used in the phylogenetic reconstruction for this study. Outgroup are indicated by an asterisk (*).

Access code	Species	Voucher	Reference
MF449477	<i>Anolis antonii</i>	CZPD5006	Grisales-Martínez et al., 2017
MF449498	<i>Anolis fuscoauratus</i>	MHUAR12433	Grisales-Martínez et al., 2017
Not published	<i>Anolis tolimensis</i>	MCAM79	Acevedo, 2023
MF449486	<i>Anolis mariarum</i>	MHUAR11077	Grisales-Martínez et al., 2017
Not published	<i>Anolis candidate 1</i>	MCAM015	Acevedo, 2023
*AY909740	<i>Anolis auratus</i>	CIEZAH1163	Grisales-Martínez et al., 2017
MF449501	<i>Anolis urraoi</i>	MHUAR12517	Grisales-Martínez et al., 2017
AY909778	<i>Anolis sericeus</i>	LACM7069	Grisales-Martínez et al., 2017
AY909783	<i>Anolis tropidonotus</i>	LDW11998	Grisales-Martínez et al., 2017
AF294285	<i>Anolis trachyderma</i>	Not reported	Grisales-Martínez et al., 2017
AY909782	<i>Anolis tropidogaster</i>	JMS203	Grisales-Martínez et al., 2017
AY909772	<i>Anolis polylepis</i>	JMS46	Grisales-Martínez et al., 2017
AY909770	<i>Anolis kemptoni</i>	JMS35	Grisales-Martínez et al., 2017
AY909735	<i>Anolis altae</i>	MVCFC14383	Grisales-Martínez et al., 2017
KJ954107	<i>Anolis humilis</i>	Not reported	Grisales-Martínez et al., 2017
KJ953945	<i>Anolis quaggulus</i>	Not reported	Grisales-Martínez et al., 2017
*KX173775	<i>Anolis cristatellus</i>	Not reported	Winchell et al., 2016
*AF055929	<i>Anolis stratulus</i>	USNM321908	Jackman et al., 1999
AY909762	<i>Anolis isthmicus</i>	MFO191	Grisales-Martínez et al., 2017

Tabla 3. Probabilidad de reconstrucción de estados de carácter de los hemípenes basados en este estudio y revisión de literatura, junto con su valor de AIC para los modelos ER y ARD. Los números de nodo corresponden con aquellas mostrados de la Figura 5 a Figura 9. Números en negrita corresponden a Clado 1 (Nodo 16), Clado 2 (Nodo 13), Clado 3 (Nodo 10), Clado 4 (Nodo 7), Clado 5 (Nodo 5), y grupo interno (Nodo 4). La sumatoria de las probabilidades debe igualar uno. Si la sumatoria no iguala uno, los valores faltantes corresponden a un valor de incertidumbre en la reconstrucción de los estados de carácter. Las abreviaciones son: A= Dos tercios de la longitud total, B= Mitad de la longitud total, y C= Un tercio de la longitud total.

Table 3. Probability of state character reconstruction of hemípenes based on this study and literature review, along with their AIC values for ER and ARD models. Node numbers correspond to those shown in Figure 5 to Figure 9. Bold numbers correspond to Clade 1 (node 16), Clade 2 (Node 13), Clade 3 (Node 10), Clade 4 (Node 7), Clade 5 (Node 5), and ingroup (Node 4). Sum of the probabilities should total one. If the sum does not equal one, the missing value corresponds to uncertainty value in the reconstruction of the character states. Abbreviations are as follows: A= Two thirds of the total length, B= Half of the total length, and C= One third of the total length.

Node	Skin ridge		Lobes form		Lobes size			Type of hemípenes		Flounces	
	Present	Absent	Globular	Tubular	A	B	C	Bilobed	Unilobed	Present	Absent
1	0.37	0.31	0.50	0.50	0.25	0.25	0.25	0.99	0.01	0.30	0.50
2	0.36	0.20	0.50	0.50	0.25	0.25	0.26	1.00	0.00	0.16	0.70
3	0.38	0.41	0.50	0.50	0.25	0.25	0.25	1.00	0.00	0.44	0.40
4	0.51	0.40	0.50	0.50	0.26	0.25	0.25	1.00	0.00	0.48	0.44
5	0.53	0.41	0.50	0.50	0.43	0.19	0.19	1.00	0.00	0.06	0.91
6	0.58	0.39	0.50	0.50	0.26	0.26	0.24	1.00	0.00	0.68	0.30

Tabla 3 (cont.). Probabilidad de reconstrucción de estados de carácter de los hemipenes basados en este estudio y revisión de literatura, junto con su valor de AIC para los modelos ER y ARD. Los números de nodo corresponden con aquellas mostrados de la Figura 5 a Figura 9. Números en negrita corresponden a Clado 1 (Nodo 16), Clado 2 (Nodo 13), Clado 3 (Nodo 10), Clado 4 (Nodo 7), Clado 5 (Nodo 5), y grupo interno (Nodo 4). La sumatoria de las probabilidades debe igualar uno. Si la sumatoria no iguala uno, los valores faltantes corresponden a un valor de incertidumbre en la reconstrucción de los estados de carácter. Las abreviaciones son: A= Dos tercios de la longitud total, B = Mitad de la longitud total, y C = Un tercio de la longitud total.

Table 3 (cont.). Probability of state character reconstruction of hemipenes based on this study and literature review, along with their AIC values for ER and ARD models. Node numbers correspond to those shown in Figure 5 to Figure 9. Bold numbers correspond to Clade 1 (node 16), Clade 2 (Node 13), Clade 3 (Node 10), Clade 4 (Node 7), Clade 5 (Node 5), and ingroup (Node 4). Sum of the probabilities should total one. If the sum does not equal one, the missing value corresponds to uncertainty value in the reconstruction of the character states. Abbreviations are as follows: A= Two thirds of the total length, B= Half of the total length, and C= One third of the total length.

Node	Skin ridge		Lobes form		Lobes size			Type of hemipenes		Flouncies	
	Present	Absent	Globular	Tubular	A	B	C	Bilobed	Unilobed	Present	Absent
7	0.54	0.42	0.50	0.50	0.26	0.26	0.24	0.99	0.01	0.68	0.29
8	0.51	0.44	0.50	0.50	0.30	0.30	0.20	1.00	0.00	0.93	0.05
9	0.61	0.37	0.50	0.50	0.26	0.27	0.24	1.00	0.00	0.69	0.29
10	0.52	0.44	0.50	0.50	0.27	0.27	0.23	1.00	0.00	0.58	0.38
11	0.11	0.87	0.50	0.50	0.34	0.28	0.19	1.00	0.00	0.13	0.85
12	0.99	0.01	0.50	0.50	0.30	0.30	0.21	1.00	0.00	0.94	0.05
13	0.99	0.00	0.50	0.50	0.30	0.30	0.21	1.00	0.00	0.94	0.05
14	0.99	0.00	0.50	0.50	0.23	0.32	0.23	1.00	0.00	0.85	0.10
15	0.97	0.01	0.50	0.50	0.22	0.29	0.25	1.00	0.00	0.84	0.09
16	1.00	0.00	0.50	0.50	0.35	0.32	0.18	1.00	0.00	0.98	0.01
17	1.00	0.00	0.50	0.50	0.59	0.14	0.18	1.00	0.00	0.98	0.02
18	1.00	0.00	0.50	0.50	0.78	0.07	0.09	1.00	0.00	0.97	0.03
AIC values	ARD	41.96	26.31		65.51			15.38		42.23	
	ER	35.64	26.95		51.51			15.67		39.49	

we assumed that the specimen we used had morphology type 1, as it is the accepted morphology and reported in literature.

RESULTS

Morphological description of hemipenes

All characters observed and used in hemipenes descriptions are shown in Figure 2. The hemipenes of *A. antonii*, *A. fuscoauratus*, *A. mariarum*, *A. tolimensis*, and *Anolis* candidate 1 (Fig. 3) are bilobed (either globular or tubular), with calyculated lobes and have a deep and bifurcated sulcus spermaticus extending from the base of the hemipenis to the apex of the lobes. We found differences among species in total length of organ, size of lobes, presence and extent of skin ridges on asulcate face, and presence of fleshy projections at the base of lobes (Fig. 3). In addition to these differences, we identified three different morphological types in *A. mariarum* (see below). In all five species, except for *A. mariarum* type 2, a skin ridge is present on the asulcate face, from the base of lobes. This ridge is prominent in *A. mariarum* type 1 and 3,

A. fuscoauratus and *Anolis* candidate 1. In *Anolis* candidate 1, *A. fuscoauratus*, *A. mariarum*, and *A. tolimensis* the trunk constitutes the major proportion of the total length of the hemipenes, unlike *A. antonii*, where the lobes constitute the major proportion. Another difference between *A. antonii* and the other species is that *A. antonii* has tubular lobes with lateral fleshy projections and does not have flouncies. In contrast, the other species have globular lobes and lack lateral fleshy projections and horizontal flouncies (Fig. 3A) (see Appendices 2-6 for photographs of all the hemipenes studied). We will now present detailed descriptions of morphological variation in the hemipenes of each studied species:

Anolis antonii (Fig. 3A)

Hemipenes with tubular lobes. The lobes constitute approximately two-thirds of the total length of the hemipenis trunk and have lateral fleshy projections extending from the middle of the trunk to middle of the lobes. On the sulcate face, sulcus spermaticus has well-developed sulcal lips that open into

a nude disk at the apex of the lobe. Outside this naked disk, lobes are densely calyculated. On asulcate face, a prominent skin ridge extends from the base of the trunk to the crotch of lobes, and adjacent calyces are elongated. The trunk has no flounces.

Anolis fuscoauratus (Fig. 3B)

Hemipenes with globular lobes. The lobes are approximately one-third the size of the trunk and do not have fleshy projections. On the sulcate face, *sulcus spermaticus* features poorly developed sulcal lips that open into a nude disk at the apex of lobes. Lobes are calyculated outside this naked disk. On the asulcate face, a

medial skin ridge extends from the distal part of the trunk to the crotch of lobes, and the adjacent calyces are elongated. The trunk exhibits three to five flounces, which are more prominent on the lateral faces.

Anolis tolimensi (Fig. 3C)

Hemipenes with globular lobes. Lobes constitute about half the hemipenis length and do not have fleshy projections. On the sulcate face, *sulcus spermaticus* has well-developed sulcal lips that open into a nude disk at the apex of lobes. Outside this naked disk, lobes are densely calyculated. On asulcate face, a skin ridge

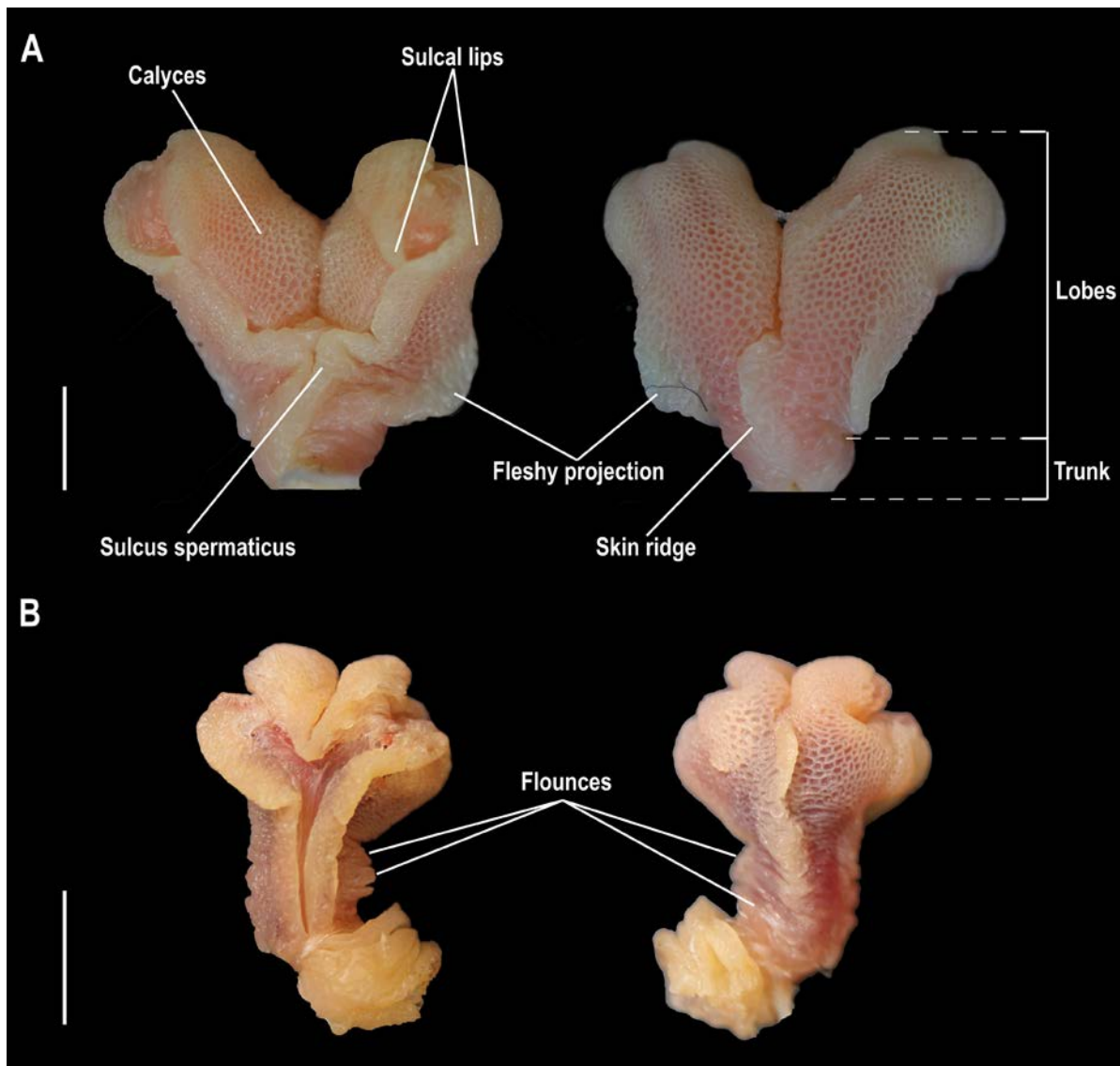


Figura 2. Características morfológicas de la estructura hemipenial en las caras sulcada (izquierda) y asulcada (derecha) de las especies de *Anolis*, (A) *Anolis antonii*, voucher ICN3786, (B) *Anolis tolimensi*, voucher ICN3785 (Escala = 2mm). Fotos: Stiven Melo-Torres.

Figure 2. Morphological characteristics of hemipenial structure on both sulcate (left) and asulcate (right) faces of *Anolis* species, (A) *Anolis antonii*, voucher ICN3786, (B) *Anolis tolimensi*, voucher ICN3785 (Scale = 2mm). Photos: Stiven Melo-Torres.

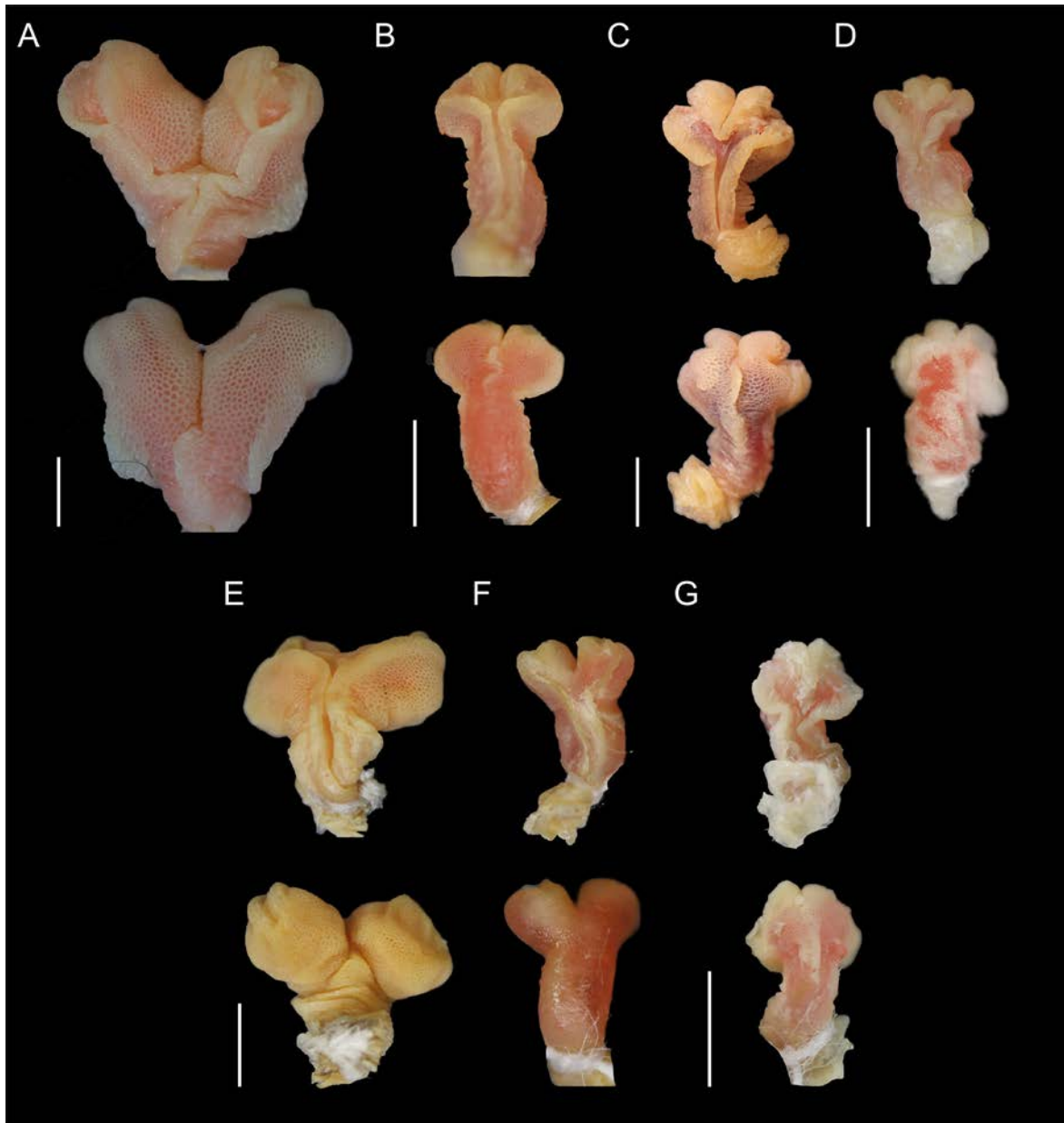


Figura 3. Hemipenes de (A) *A. antonii*, (B) *A. fuscoauratus*, (C) *A. mariarum* tipo 1, (D) *A. mariarum* tipo 2 (E). *A. mariarum* tipo 3 (F) *A. tolimensis*, (G) *Anolis* candidate 1, cara asulcada (arriba) y cara asulcada (abajo) (Escala = 2mm). Fotos: Stiven Melo-Torres.

Figure 3. Hemipenes of (A) *A. antonii*, (B) *A. fuscoauratus*, (C) *A. mariarum* type 1, (D) *A. mariarum* type 2 (E). *A. mariarum* type 3 (F) *A. tolimensis*, (G) *Anolis* candidate 1, sulcate face (top) and asulcate face (bottom) (Scale = 2mm). Photos: Stiven Melo-Torres.

extends from the middle of the trunk to the crotch of lobes. It is very prominent near the crotch of the lobes and becomes shallower as it extends along the trunk; the calyces adjacent to the skin ridge are elongated. Trunk has three to four horizontal flounces.

***Anolis* candidate (Fig. 3D)**

Hemipenes with globular and calyculate lobes. Lobes comprise approximately one-half to one-third of total length of the hemipenis and lack fleshy projections. On the sulcate face, *sulcus spermaticus* features poorly developed sulcal lips that open into a naked disk at the apex of lobes. Trunk presents two flounces, which are more noticeable in the lateral regions. There is a skin ridge that is shallow and present only at the base of the lobes.

Anolis mariarum (Fig. 3E-G)

All individuals of this species have hemipenes with globular lobes and without fleshy projections. On the sulcate face, *sulcus spermaticus* has well-developed and deep sulcal lips, which are shallower on the type 2, and opens into a naked disk at the apex of the lobes. Outside this nude disk, lobes are calyculated, these are shallower in type 2. The specimens exhibit three different types of hemipenial morphology: Type 1 (Fig. 3E): Lobes constitute approximately half of the total length of the organ. On the asulcate face, a skin ridge extends from the distal part of the trunk to the crotch of the lobes, and adjacent calyces are elongated. Trunk has two to three flounces on each side. Type 2 (Fig. 3F): Lobes constitute approximately one-third of the total length of the hemipenis. There is no skin ridge on the asulcate face, and the trunk does not present horizontal flounces. Type 3 (Fig. 3G): Lobes constitute approximately one-third to one-quarter of total length of the hemipenis. A skin ridge is present on the asulcate face, extending from the middle of the trunk to the crotch of the lobes, and with the adjacent calyces enlarged. Trunk does not present flounces.

Phylogenetic analyses

The maximum likelihood analysis shows five clades excluding the external group (Figure 4). Clade 1, formed by *A. tolimensis*, *Anolis* candidate 1, *A. antonii*, and *A. mariarum* (BS 94 %) conforms to a South American monophyletic group. Clade 2 nest *A. fuscoauratus*, *A. urraoi*, *A. kemptoni*, and *A. altae* (BS 40 %), belonging to South America and Central America. Clade 3 is formed by *A. polylepis*, *A. humilis*, and *A. quaggulus* (BS 90 %), all these species are from Central America. Clade 4 contains *A. trachyderma*, *A. tropidogaster*, and *A. tropidonotus* (BS 65 %), as well as Clade 2, these species are distributed in South America and Central America. Finally, Clade 5 relates *A. sericeus* and *A. isthmicus* (BS 100 %), species from Central America (Fig. 4).

Definition of morphological characters

Based on the hemipenes of the studied species and images and descriptions published in the literature, we defined five characters for ancestral reconstruction: Character 1: Type of hemipenes (0 = bilobed; 1 = unilobed); Character 2: Type of lobes (0 = globular; 1 = tubular); Character 3: Proportion of the length of lobes relative to the total length of the hemipenes (0 = half of the total length [1/2]; 1 = one-third of the total length [1/3]; 2 = two-thirds of the total length [2/3]); Character 4: Skin ridge (0 = presence; 1 = absence); and Character 5: Horizontal flounces (0 = presence; 1 = absence).

Ancestral states reconstruction of characters

Below, we present the results of the ancestral state reconstruction analysis, using the morphological characters defined herein.

Character 1. Type of hemipenes (Fig. 5, Table 3)

The ancestral state of all clades of the fuscroids group is hemipenes bilobed with a probability value of 100 % at each node. The hemipenes unilobed appear twice as independent events.

Character 2. Type of lobes (Fig. 6, Table 3)

The globular and tubular states reconstruction (AR 50 %) is maintained throughout all nodes in the reconstruction.

Character 3. The Proportion of the length of lobes relative to the total length of the hemipenes (Fig. 7, Table 3)

The ancestral state estimated for the South American Clade is lobes with two-thirds (2/3) of the total length of the hemipenes (Clade 1 - node 16, AR 35 %). Also, the ancestral state of the clade (*A. mariarum* + *A. antonii*) is lobes with two-thirds (1/2) of the total length of the hemipenes (node 18, AR 78 %). The ancestral state for the South American + Central American Clades (Clade 2 - node 13 and Clade 4 - node 7) is ambiguous for Clade 2, (AR 30 % for both states). The ancestral state of the Central American Clades is, for Clade 3, lobes with half (1/2) of the total length of the hemipenes (node 10, AR 27 %; and for the Clade 5, lobes with two-thirds (2/3) of the total length of the hemipenes (node 5, AR 43 %).

Character 4. Skin ridge (Fig. 8, Table 3)

The ancestral node reconstruction of skin ridge shows the presence of ornamentation in the ingroup (node 4, AR 51 %), Clade 1 (node 16, AR 99 %), Clade 2 (node 13, AR 99 %), Clade 3 (node 10, AR 51 %), Clade 4 (node 7, AR 54 %), and Clade 5 (node 5, AR 53 %).

Character 5. Flounces (Fig. 9, Table 3)

The ancestral node reconstruction of the horizontal flounces shows the presence of these flounces in the ingroup group (Node 4, AR 48 %), Clade 4 (node 7, AR 68 %), Clade 3 (node 10, AR 58 %), Clade 2 (node 13, AR 94 %), Clade 1 (node 16, AR 98 %). The ancestral states of the Central American Clade (Clade 5 - node 5, AR 91 %) are different, showing the absence of the reconstruction of the horizontal flounces.

DISCUSSION

Hemipenial morphology in *Anolis*

According to Köhler et al. (2012) *Anolis* hemipenes vary in their morphology, being either bilobed or unilobed, and the length of the lobes, while other characters, such as ornamentations, appear static within the same species. Also, according to D'Angiolella et al. (2016), anoles hemipenes may be bilobed or unilobed, and lobes, either globular or tubular with presence of ornamentations such as calyces or skin projections. In our results, we found that main variations in hemipenial morphology of *A. mariarum*, *A.*

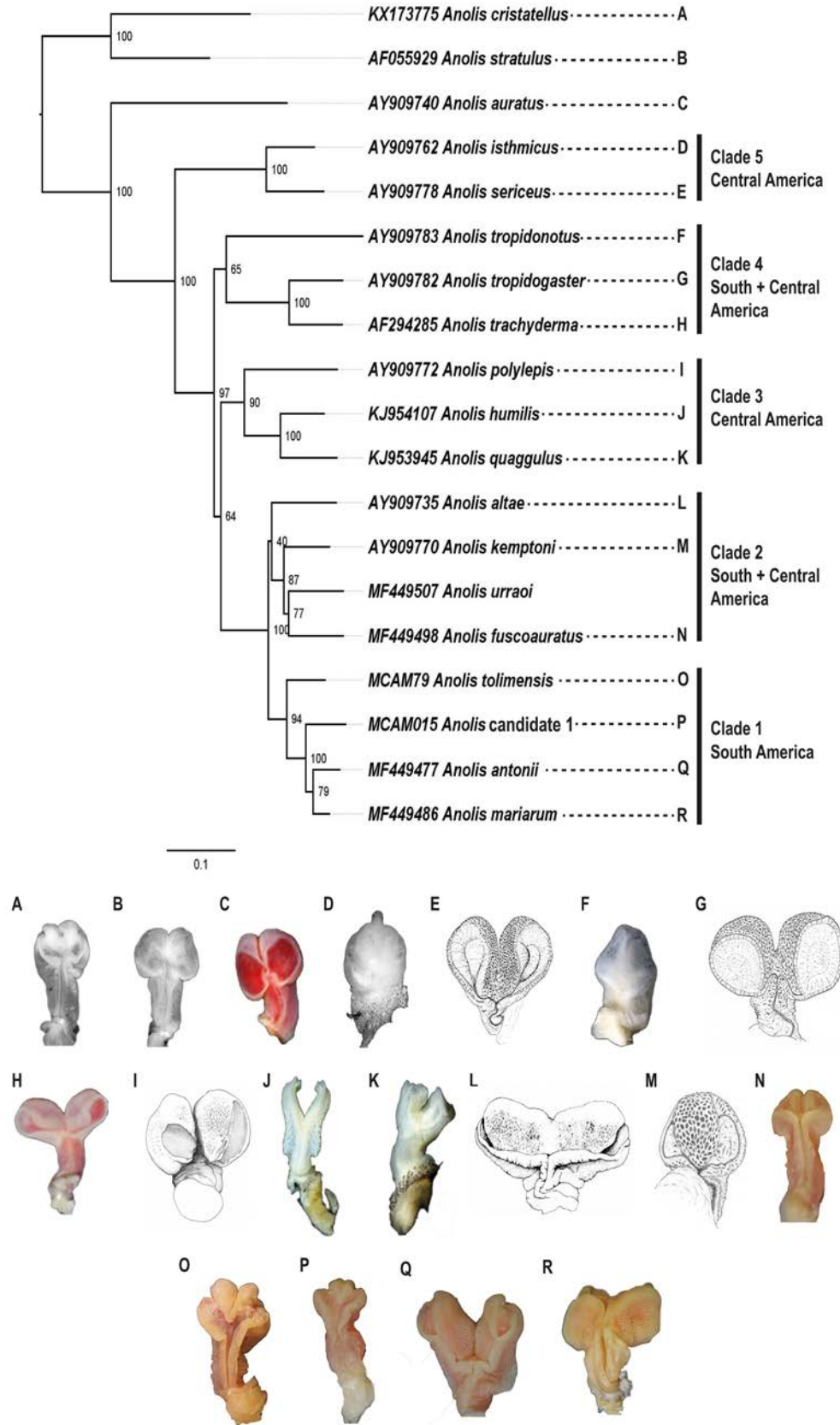


Figura 4. Árbol de máxima verosimilitud con el soporte mostrando las relaciones filogenéticas de las especies Andinas y otras relacionadas del grupo *fuscoauratus*. Aquí presentamos los clados asociados con las áreas de Centro y Sur América. Abajo se encuentran los hemípenes para cada especie en la topología indicada por letras (A-R).

Figure 4. Maximum likelihood tree with bootstrap node support showing phylogenetic relationships of Andean and other related species of the *fuscoauratus* group. We presented clades associated with Central and South American areas. Below are the hemipenes for each species in the topology indicated by letters (A-R).

tolimensis, *A. antonii*, *A. fuscoauratus* and *Anolis* candidate 1 are the shape of lobes, globular or tubular, along with its size respect to the total length of the hemipenis and the entire size of this organ, which agree with those previously mentioned for the genus (Köhler et al., 2012; D'Angiolella et al., 2016).

Diagnostic characters of species

We present the first description of the hemipenes of *A. antonii*, which shows a low intraspecific morphological variation considering its wide distribution in the western cordillera. The main variation is the skin ridge size on the asulcate face. For its

recognition, we highlight tubular lobes and the presence of fleshy projections at the base of lobes (Figure 3A), a feature not observed in any other of the species we studied. Features such as fleshy projections and skin ridges are helpful for species identification, such as the case of *A. auratus*, *A. chrysolepis*, *A. ortonii*, *A. scypheus*, and *A. tandai*, which all possess fleshy projections on lobes of hemipenis (D'Angiolella et al., 2016).

In the case of *A. fuscoauratus*, it has a similar morphology as described by D'Angiolella et al. (2016) (Fig. 3B), being the most informative characters of the size of lobes, which is one-third

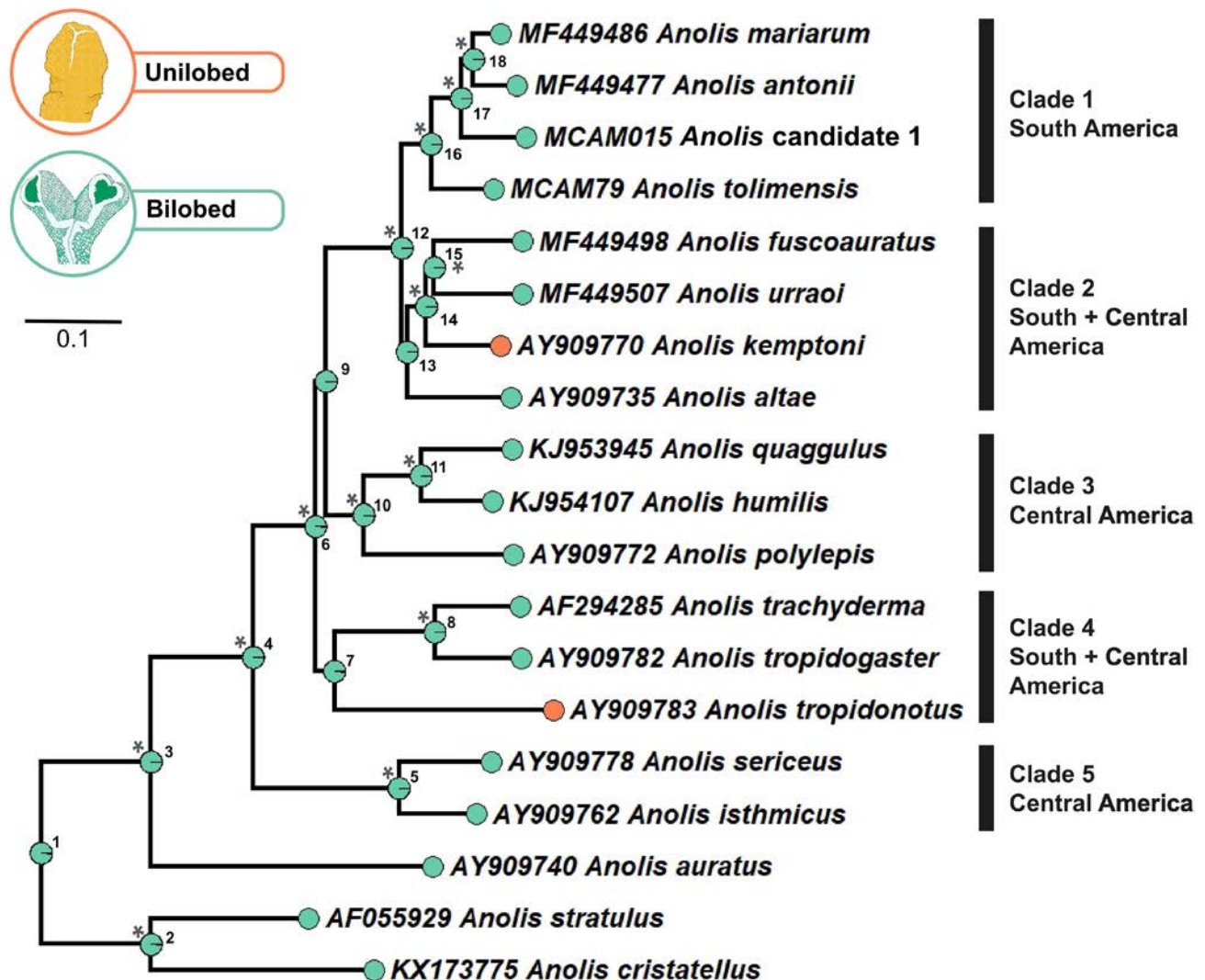


Figura 5. Reconstrucción ancestral de caracteres del tipo de hemipenes (carácter 1). Los diagramas sectoriales muestran la probabilidad de cada estado de carácter. El asterisco (*) indican los clados bien soportados. Presentamos los números de nodo junto a cada nodo de la filogenia.

Figure 5. Character state reconstruction of type of hemipenes (character 1). Pie charts show probability of each state of character. Asterisk (*) indicates well-supported clades. We presented the node numbers next to each node of the phylogeny.

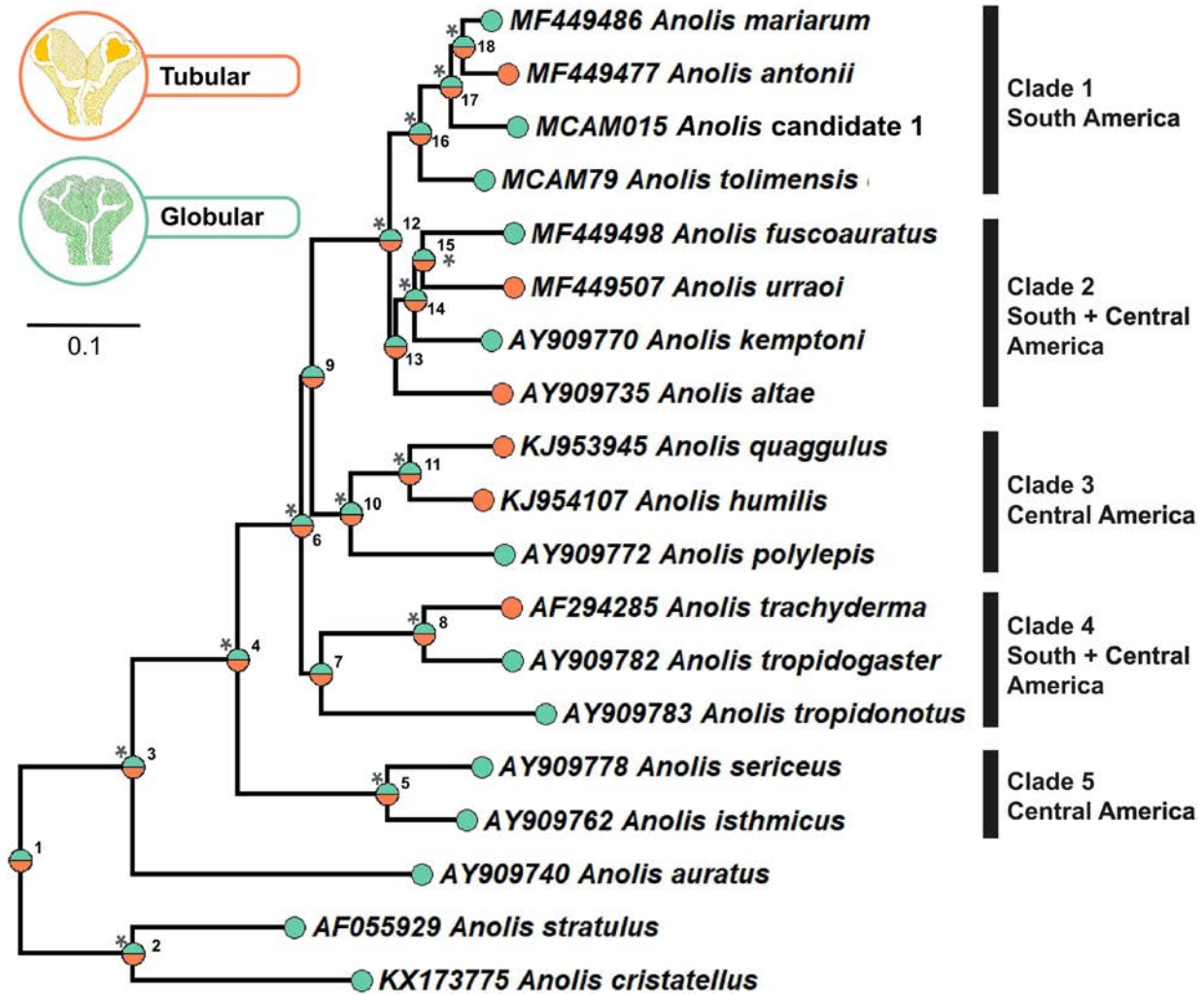


Figura 6. Reconstrucción ancestral de caracteres del tipo de lóbulos (carácter 2). Los diagramas sectoriales muestran la probabilidad de cada estado de carácter. El asterisco (*) indican los clados bien soportados. Presentamos los números de nodo junto a cada nodo de la filogenia.

Figure 6. Character state reconstruction of type of lobes (character 2). Pie charts show probability of each state of character. Asterisk (*) indicates well-supported clades. We presented the node numbers next to each node of the phylogeny.

of total length of the organ and presence on asulcate face of a shallow and short skin ridge extending from the base of lobes to the crotch. In addition, D'Angiolella et al. (2016) report pigmentation for this species on the hemipenes, although this feature varies among specimens, and we did not observe such pigmentation.

We present the first description of the hemipenes for *A. tolimensis* (Fig. 3C). The skin ridge helps identify this species for other species like *A. trachyderma*, *A. brasiliensis*, and *A. planiceps* (D'Angiolella et al., 2016). We observed that it extends prominently from the base of the lobes to the crotch, reducing in size as it reaches the trunk. It is also essential to highlight the

deep sulcal lips becoming thicker at the apex of the lobes, which are useful in the identification of other *Anolis* species such as *A. pseudokemptoni* (Köhler et al., 2007), *A. gruuo* (Ponce & Köhler, 2008), *A. auratus*, *A. brasiliensis*, *A. chrysolepis*, among others (D'Angiolella et al., 2016).

For *Anolis* candidate 1 (Fig. 3D), in conjunction with the molecular and morphological analysis data presented by Acevedo et al. (data not published), and the hemipenial morphology found in this work, we support the hypothesis that it is a distinct species from *A. tolimensis*. Among the main differences, we highlight the skin ridge on asulcate face of *Anolis* candidate 1 being shallower than in *A. tolimensis*, which is very prominent

near the crotch of the lobes (Fig. 2C). In contrast, *Anolis* candidate 1 maintains the same size throughout its length. We also remark on the size of the lobes of *A. tolimensis*, which are approximately half of the total length of the hemipenis and larger respect to those of *Anolis* candidate 1, where lobes are one-third of the total length of the hemipenis. Likewise, it is essential to mention that *A. tolimensis* hemipenes are more prominent than that for *Anolis* candidate 1 (± 5 mm and ± 3 mm, respectively). This is similar to what is reported by Köhler et al. (2006), who mention that one of the main differences between the hemipenes of the species is their size.

For *A. mariarum*, we described three types of hemipenial morphology, which present variation in hemipenis size, depth of sulcal lips, flounces, and presence of skin ridge (Fig. 3E-G). Type 1, from Km 9 SE Palmitas, Antioquia, hemipenis size is similar to that reported by Rubio & Agudelo (2020), being ~5 mm and the one in literature being ~6 mm. Its lobes are also half of total length of hemipenis, with a skin ridge on the asulcate face and flounces on the trunk, characteristics that are useful for identifying this species (Rubio & Agudelo, 2020). On the other hand, in type 2, from Santa Rosa de Osos, Antioquia, the lobes are smaller, representing one-third of the total length of the

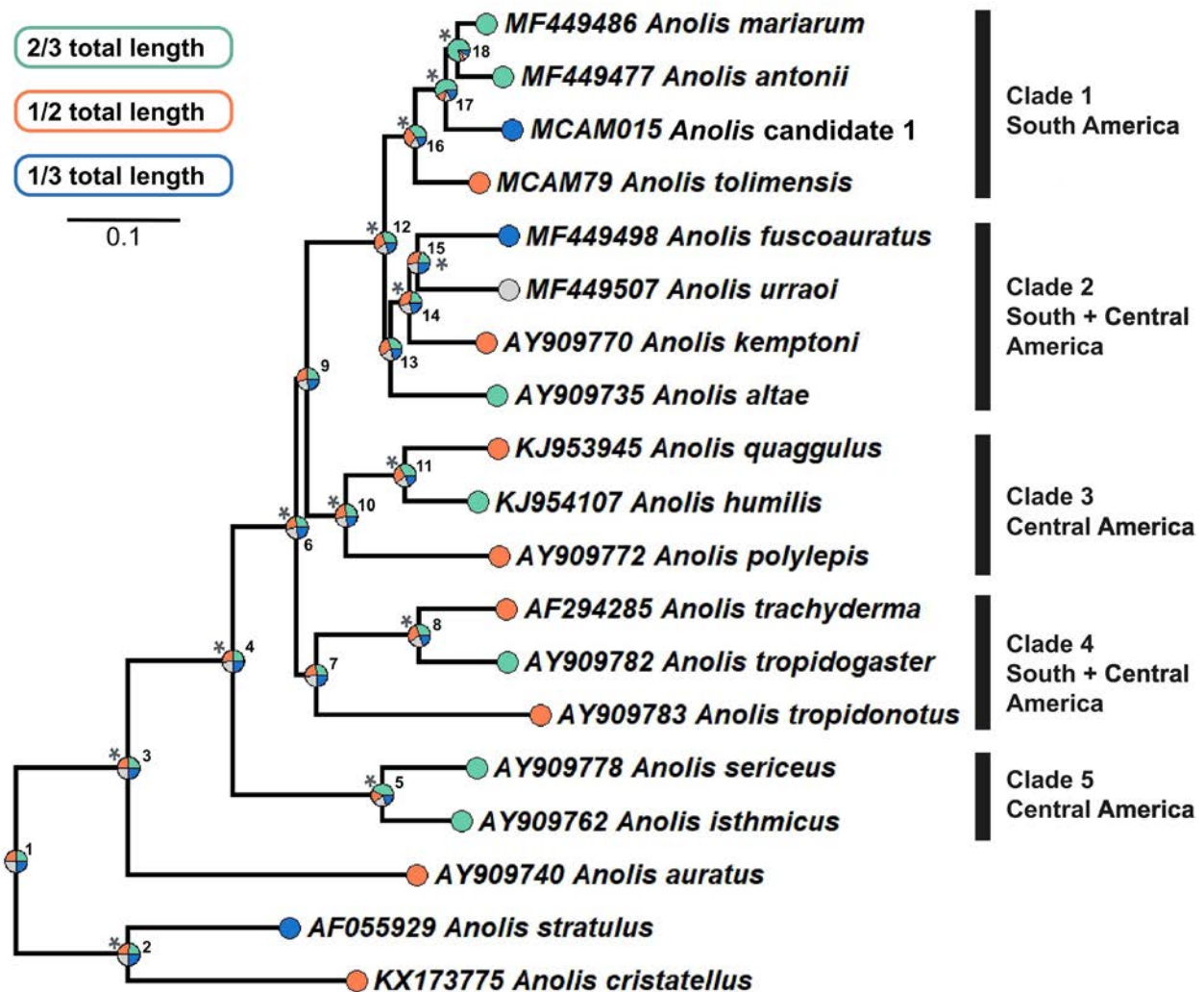


Figura 7. Reconstrucción ancestral de caracteres de la proporción de la longitud de los lóbulos con relación a la longitud total del hemipene (carácter 3). Los diagramas sectoriales muestran la probabilidad de cada estado de carácter. Color gris indica que no hay información disponible para el carácter. El asterisco (*) indican los clados bien soportados. Presentamos los números de nodo junto a cada nodo de la filogenia.

Figure 7. Character state reconstruction of proportion of the length of lobes relative to total length of hemipenes (character 3). Pie charts show the probability of each state of character. Gray color indicates no information available for the character. Asterisk (*) indicates well-supported clades. We presented the node numbers next to each node of the phylogeny.

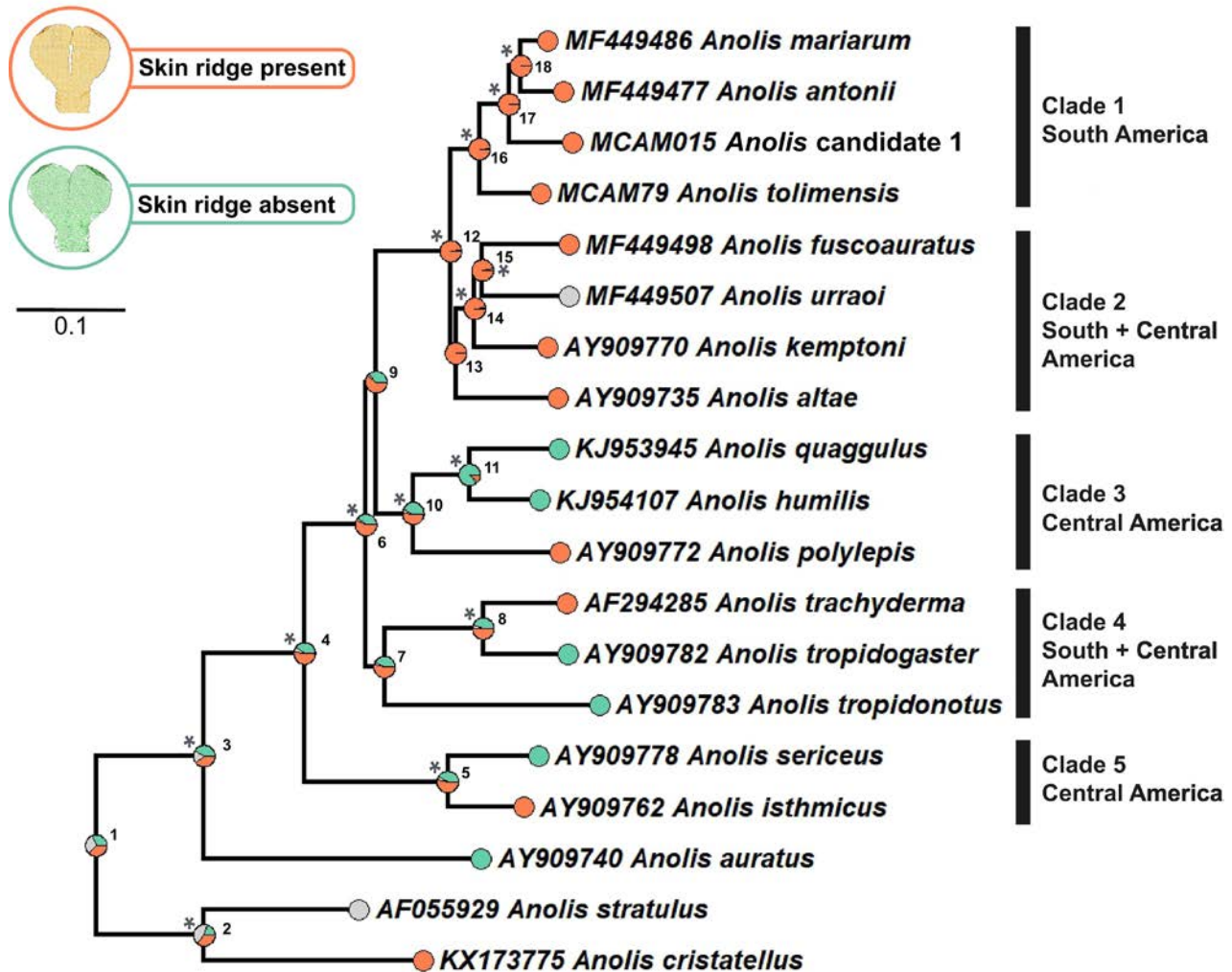


Figura 8. Reconstrucción ancestral de caracteres de crestas de piel en la cara asulcada de los hemípenes (carácter 4). Los diagramas sectoriales muestran la probabilidad de cada estado de carácter. Color gris indica que no hay información disponible para el carácter, mientras que el gris en los terminales representa incertidumbre. El asterisco (*) indican los clados bien soportados. Presentamos los números de nodo junto a cada nodo de la filogenia.

Figure 8. Character state reconstruction of skin ridges on asulcate face of the hemipenes (character 4). Pie charts show probability of each state of character. Gray color at the terminals indicates that there is no information available for the character, while gray at the nodes represents degree of uncertainty. Asterisk (*) indicates well-supported clades. We presented the node numbers next to each node of the phylogeny.

hemipenis. Still, despite the total length of the hemipenis, close to the one reported in the literature (~5 mm), it does not have a skin ridge on the asulcate face nor flounces in the trunk. Finally, type 3, collected in Rionegro, Antioquia, is similar to hemipenes of *Anolis candidate 1*, as it has a skin ridge on asulcate face, extending from the middle of trunk to the crotch of lobes, also its lobes are one-third of total length of the hemipenis and its size is ~3 mm, but skin ridge is shallower in *A. mariarum* type 3. Unlike morphotype 1, type 3 hemipenis is smaller (~3 mm) and skin ridge is shallower.

This variation could correspond to specimens that are not *A. mariarum*, but other species of the genus not enough studied, as has been shown for other cryptic species within the genus like *A. humilis*, *A. quaggulus*, and *A. marsupialis* (Köhler et al., 2003; Köhler et al., 2015), *A. monteverde* and *A. altae* (Köhler, 2009), and *A. tropidonotus*, *A. spilorhipis*, *A. mccraniei* and *A. wilsoni* (Köhler et al., 2016). However, this possibility needs further investigation using hemipenial and body morphology, along with molecular data, to identify correctly and deeply understand variations observed in this species

Genital characters in lizards show high variation and evolve approximately six times faster compared to other morphological characters (Klaczko et al., 2015; Quipildor et al., 2020). This may be a consequence of the coevolution of male and female genitalia so that reproduction is species-specific, coevolution of genitalia pleiotropic effects, or by sexual selection by females or males, depending on their ability to stimulate the female or to transport sperm for reproduction (Arnqvist, 1997). It has also been evidenced in other lizards of the genera *Anolis*, *Tropidurus*, and in other animals (Eberhard, 2010; Klaczko & Stuart, 2015; De-Lima et al., 2019; House et al., 2019), being an important cause for speciation processes (Klaczko & Stuart, 2015). This

could explain the distinct morphologies that we observed in our study and the differences concerning other species (Figure 4). On the other hand, Johnson et al. (2014) mention that evolution of hemipenes in the genus *Anolis*, as well as its size, may be related to the frequency of reproductive activities, due to the activity of the muscles that control the movement of the hemipenis at the time of copulation. Gilman et al. (2018), add that testosterone levels may also cause variations in male genitalia, leading to changes in size and ornamentations as observed among the four species in our study especially in *A. fuscoauratus* and *A. mariarum*. Additionally, in the genus *Anolis* a correlation between forelimb length and hemipenis shape has been evidenced, this being a

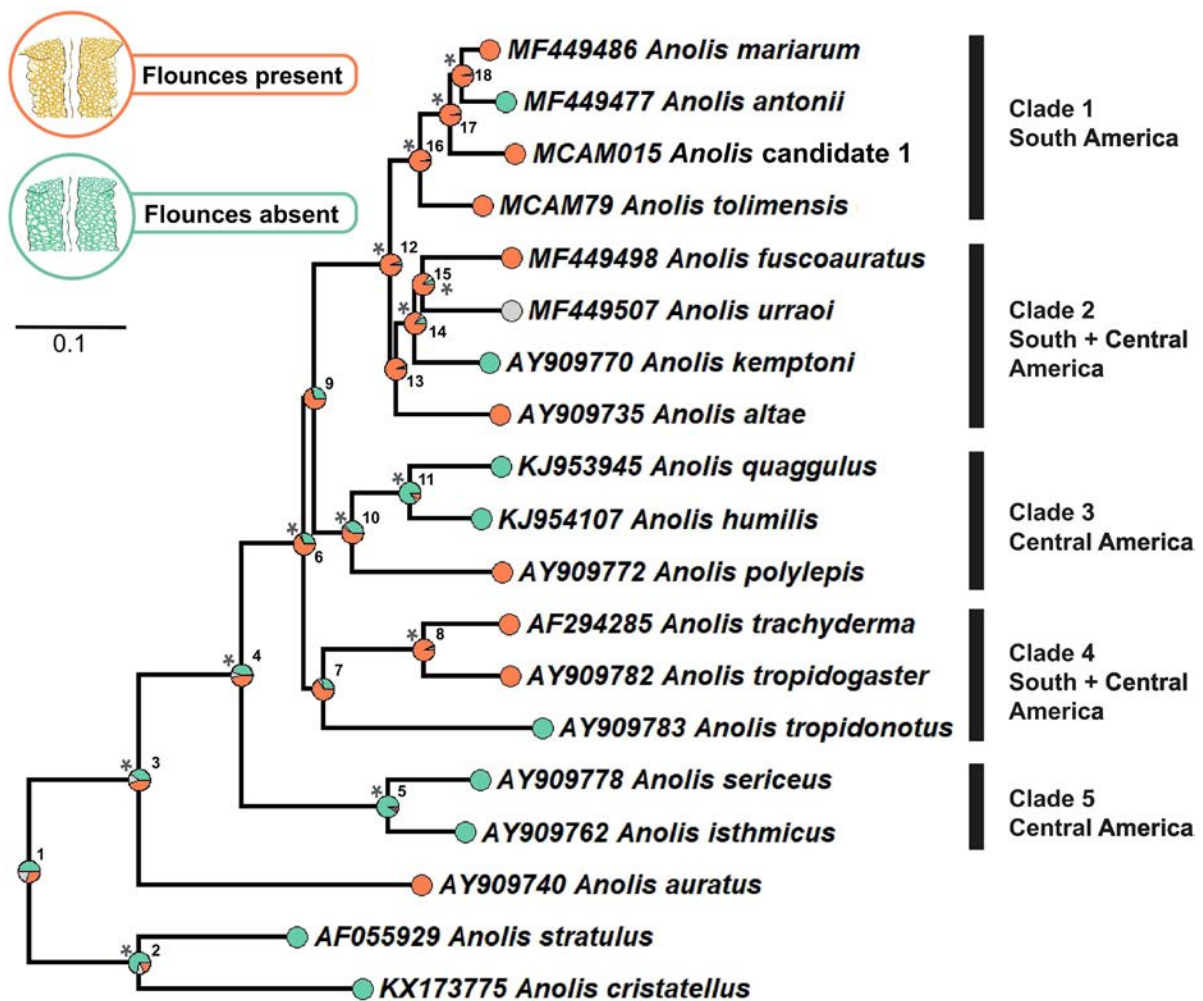


Figura 9. Reconstrucción ancestral de caracteres de crestas de piel en la cara asulcada de los hemipenes (carácter 4). Los diagramas sectoriales muestran la probabilidad de cada estado de carácter. Color gris indica que no hay información disponible para el carácter, mientras que el gris en los terminales representa incertidumbre. El asterisco (*) indican los clados bien soportados. Presentamos los números de nodo junto a cada nodo de la filogenia.

Figure 9. Character states reconstruction of flounces. Pie charts show probability of each state of character. Gray color indicates no information available for the character, while gray in the terminals represents degree of uncertainty. Asterisk (*) indicates well-supported clades. We presented the node numbers next to each node of the phylogeny.

pleiotropic effect, so these characters would evolve together due to their relatedness to the same set of genes (Klackzko et al., 2017).

In addition, it has been reported that the uplift of the Andes has generated speciation processes in several families of reptiles and amphibians, due to changes in climatic, environmental, and feeding conditions (Santos et al., 2009; Nunes et al., 2012; Castroviejo-Fisher et al., 2014; Hutter et al., 2017; Esquerré et al., 2018; Torres-Carvajal et al., 2020; Boschman & Condamine, 2022; Ocampo et al., 2022), as well as for the genus *Anolis* (Calderón-Espinosa & Barragán-Contreras, 2014; Vargas-Ramírez & Moreno-Arias, 2014; Poe et al., 2017). All these changes and speciation processes could be implicated in the variations in the morphology of the hemipenes in *Anolis*, although this requires further investigation.

Taxonomic and phylogenetic implications

Ancestral reconstruction of characters has been used to deduce, understand, and determine the character states of a common ancestor from the states of the descendants. This methodology provides a better understanding of the evolutionary history of the organism under study (Giannasi et al., 2000). For example, Williams (1972) used species of *Anolis* from the Caribbean Islands to demonstrate the displacement of external characteristics such as body coloration and habit, among other adaptive features, generating a possible connection between ecological adaptation hypotheses and these characters, recognizing the importance of linking osteological and molecular evidence to confirm common ancestors. Subsequently, this reconstruction process was used to infer the evolution of body size in species of the *A. roquet* group and to relate it to the hypothesis of joint evolution caused by interspecific competition (Giannasi et al., 2000) and to study the patterns of chromosomal changes in some species of the genus (Castiglia et al., 2013).

As for our results, the absence or presence of skin ridge in the South American clade (Clade 1) does not represent relevance to differentiate within the South American species because it had a probability of 99 % of presenting the state of character. The same occurs for all clades with the presence of flounces, where we got probability ranges between 96-99 %. In comparison, for the Central American + South American clades (Clades 2 and 4) and the Central American (3 and 5), we found a fifty-fifty chance for skin ridge to be present, so we see it as a valuable character for the differentiation between *Anolis* species as mentioned by some authors (Köhler & Vesely, 2010; D'Angiolella et al., 2016).

As for the lobe size concerning total length of the hemipenes, it seems to represent a key character to differentiate the species belonging to clade 2 (Central American + South American), since the three different character states are present in these species. As for the character state of 1/3 length, we observed that it has appeared independently in some clades, such as 1 and 2. These character shifts may be due to different events, as described in the study Austin et al. (2010), where they found that the variation in body size of *Tribolonotus* may be due to ecological factors coupled with competition between species located on this island, the same may be occurring in species separated by mountain ranges; however, further studies would be required to verify this.

For the type of hemipenes, we see a probability of presenting both states, bilobed and unilobed, so it is a character that does not follow a trend in its evolution. However, it is useful to separate between species, as in our case, the separation between *A. antonii* from the others of the study, due to its tubular hemipenes and large size concerning the others. Likewise, these characters have also been helpful for the separation of other species of the *Anolis tropidonotus* complex (Köhler et al., 2015; Köhler et al., 2016).

CONCLUSIONS

In this study, we provided a comparative description of the hemipenes of five *Anolis* species. Among them, we present the first description of hemipenes of *A. antonii* and *A. tolimensis*. These descriptions allowed us to differentiate between the five species studied. Key characteristics for their differentiation include the presence of skin ridge, its size, prominence, and extent, as well as the type of lobes, and the presence of fleshy projections at the base of the lobes, such as those observed in *A. antonii*. Additionally, we remark on the description of three different morphologies in *A. mariarum*. Type 1 corresponds to the morphology reported in the literature, while the other types could refer to new species. However, this requires further investigation including specimens of the entire distribution range. We also provide a description of the hemipenes morphology of *Anolis* candidate 1, which supports the hypothesis that this is a distinct species from *A. tolimensis*. Furthermore, we emphasize the importance of using these characters in phylogenetic and taxonomic studies to identify and classify species, especially those with similar external morphology.

Finally, characters such as the shape of the lobes, presence of fleshy projections, size and type of hemipenes, and prominence and extent of the skin ridge on the asulcate face are the main characteristics that provide information to differentiate the species in our study or between groups of species. We do not

consider the presence of flounces on the trunk or the presence or absence of the skin ridge as a valuable characteristic for the differentiation of the species. We found no significant patterns in all character states of the clades formed from Central and South America (2 and 4), Central America (3 and 5), and South America (1).

Acknowledgements.— We would like to express our gratitude to Martha Calderón, at Instituto de Ciencias Naturales, and Colección Zoológica José Ricardo Cure Hakim, for allowing us to use specimens for our study. We thank Marcelia Basto and Giovanna Montingelli for their valuable suggestions to improve our work, and Anna Mello for his comments and recommendations that helped improve the manuscript..

LITERATURE CITED

- Albano de Mello, A.V., R.S. Recoder, A. Fouquet, M.T. Rodrigues & P.M. Nunes. 2023. Integrative taxonomy of the *Iphisa elegans* species complex (Squamata: Gymnophthalmidae) leads to the description of five new species. *Zoological Journal of the Linnean Society* 200:477-504.
- Arnold, E.N. 1986. Why copulatory organs provide so many useful taxonomic characters: the origin and maintenance of hemipenial differences in lacertid lizards (Reptilia: Lacertidae). *Biological Journal of the Linnean Society* 29:263-281.
- Arnqvist, G. 1997. The evolution of animal genitalia: distinguishing between hypotheses by single species studies. *Biological Journal of the Linnean Society* 60:365-379.
- Austin, C.C., E.N. Rittmeyer, S.J. Richards & G.R. Zug. 2010. Phylogeny, historical biogeography and body size evolution in Pacific Island Crocodile skinks *Tribolonotus* (Squamata: Scincidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 57:227-236.
- Biewener, A.A. 1998. Muscle function in vivo: a comparison of muscles used for elastic energy savings versus muscles used to generate mechanical power. *American Zoologist* 38:703-717.
- Böhme, W. & T. Ziegler. 2009. A review of iguanian and anguimorph lizard genitalia (Squamata: *Chamaeleonidae*; *Varanoidea*, *Shinisauridae*, *Xenosauridae*, *Anguidae*) and their phylogenetic significance: comparisons with molecular data sets. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 47:189-202.
- Boschman, L. & F.L. Condamine. 2022. Mountain radiations are not only rapid and recent: Ancient diversification of South American frog and lizard families related to Paleogene Andean orogeny and Cenozoic climate variations. *Global and Planetary Change* 208:103704.
- Branch, W.R. 1986. Hemipenial morphology of African Snakes: A taxonomic review Part 1. *Scolecophidia* and *Boidae*. *Journal of Herpetology* 20:285-299.
- Calderón-Espinosa, M. & L.A. Barragán-Contreras. 2014. Geographic body size and shape variation in a mainland *Anolis* (Squamata: Dactyloidae) from northwestern south America (Colombia). *Acta Biológica Colombiana* 19:167-174.
- Castiglia, R., O. Flores-Villela, A.M. Ramos, A. Muñoz & E. Gornung. 2013. Pattern of chromosomal changes in “beta” *Anolis* (Norops group) (Squamata: Polychrotidae) depicted by an ancestral state analysis. *Zoological Studies* 52:60.
- Castroviejo-Fisher, S., J.M. Guayasamin, A. Gonzalez-Voyer & C. Vilà. 2014. Neotropical diversification seen through glassfrogs. *Journal of Biogeography* 41:66-80.
- D’Angiolella, A.B., J. Klaczko, M.T. Rodrigues & T.C. Avila-Pires. 2016. Hemipenial morphology and diversity in South American anoles (Squamata: Dactyloidae). *Canadian Journal of Zoology* 94:251-256.
- Da Silva, M., G. de Lima, A. Cronemberger, L. Carvalho, P. Manzani & J. Vieira. 2013. Description of the hemipenial morphology of *Tupinambis quadrilineatus* Manzani and Abe, 1997 (Squamata, Teiidae) and new records from Piauí, Brazil. *ZooKeys* 361:61-72.
- De-Lima, A., I.P. Paschoaletto, L.D. Pinho, P. Benmamman & J. Klaczko. 2019. Are hemipenial traits under sexual selection in *Tropidurus* lizards? Hemipenial development, male and female genital morphology, allometry and coevolution in *Tropidurus torquatus* (Squamata: Tropiduridae). *PLoS ONE* 14:e0219053.
- Dowling, H. & J.M. Savage. 1960. A guide to the snake hemipenis: a survey of basic structure and systematic characteristics. *Zoologica: scientific contributions of the New York Zoological Society* 45:17-28.
- Eberhard, W. 2010. Rapid divergent evolution of genitalia: Theory and data updated. Pp. 40-78. In Leonard, J. & A. Córdoba-Aguilar (Eds.), *The Evolution of Primary Sexual Characters in animals*. Oxford University Press, New York, USA.
- Esquerré, D., I. Brennan, R. Catullo, F. Torres-Pérez & J. S. Keogh. 2018. How mountains shape biodiversity: The role of the Andes in biogeography, diversification, and reproductive biology in



- South America's most species-rich lizard radiation (Squamata: Liolaemidae). *Evolution* 73:214-230.
- Giannasi, N., R.S. Thorpe & A. Malhotra. 2000. A phylogenetic analysis of body size evolution in the *Anolis* roquet group (Sauria: Iguanidae): character displacement or size assortment? *Molecular Ecology* 9:193-202.
- Gilman, C., A. Corl, B. Sinervo & D.J. Irschick. 2018. Genital morphology associated with mating strategy in the polymorphic lizard, *Uta stansburiana*. *Journal of Morphology* 280:184-192.
- Gredler, M., C. Larkins, F. Leal, A. Lewis, A. Herrera, C. Perriton, T. Sanger & M.J. Cohn. 2014. Evolution of external genitalia: insights from reptilian development. *Sexual Development* 8:311-326.
- Gredler, M., T. Sanger & M.J. Cohn. 2015. Development of the cloaca, hemipenes, and hemiclitores in the green anole, *Anolis carolinensis*. *Sexual Development* 9:21-33.
- Grisales-Martínez, F., J. Velasco, W. Bolívar, E. Williams & J.M. Daza. 2017. The taxonomic and phylogenetic status of some poorly known *Anolis* species from the Andes of Colombia with the description of a *nomen nudum* taxon. *Zootaxa* 4303:213-230.
- Hosken, D. & P. Stockley. 2004. Sexual selection and genital evolution. *Trends in Ecology and Evolution* 19:87-93.
- House, C., P. Tunstall, J. Rapkin, M. Bale, M. Gage, E. del Castillo & J. Hunt. 2019. Multivariate stabilizing sexual selection and the evolution of male and female genital morphology in the red flour beetle. *Evolution* 74:883-896.
- Hutter, C., S. Lambert & J.J. Wiens. 2017. Rapid diversification and time explain amphibian richness at different scales in the tropical Andes, Earth's most biodiverse hotspot. *The American Naturalist* 190:828-843.
- Jackman, T., A. Larson, K. De Queiroz & J.B. Losos. 1999. Phylogenetic relationships and tempo of early diversification in *Anolis* lizards. *Systematic Biology* 48:254-285.
- Johnson, M., M. Lopez, T. Whittle, B. Kircher, A. Dill, D. Varghese & J. Wade. 2014. The evolution of copulation frequency and the mechanisms of reproduction in male *Anolis* lizards. *Current Zoology* 60:768-777.
- Keogh, J. 1999. Evolutionary implications of hemipenial morphology in the terrestrial Australian elapid snakes. *Zoological Journal of the Linnean Society* 125:239-278.
- Klaczko, J. & Y. Stuart. 2015. Hemipenial allometry in *Anolis grahami*. *Journal of Herpetology* 49:462-467.
- Klaczko, J., C. Gilman & D.J. Irschick. 2017. Hemipenis shape and hindlimb size are highly correlated in *Anolis* lizards. *Biological Journal of the Linnean Society* 122:627-634.
- Kluge, A. 1982. Cloacal bones and sacs as evidence of gekkonoid lizard relationships. *Herpetologica* 38:348-355.
- Klaver, C. & W. Böhme. 1986. Phylogeny and classification of the Chamaeleonidae (Sauria) with special reference to hemipenis morphology. *Bonner Zoologische Monographien* 22:1-64.
- Köhler, G., J. McCranie, K. Nicholson & J. Kreutz. 2003. Geographic variation in hemipenial morphology in *Norops humilis* (Peters, 1863), and the systematic status of *Norops quaggulus* (Cope, 1885) (Reptilia, Squamata, Polychrotidae). *Senckenbergiana biologica* 82:213-222.
- Köhler, G., S. Alt, C. Grünfelder, M. Dehling & J. Sunyer. 2006. Morphological variation in Central American leaf-litter anoles: *Norops humilis*, *N. quaggulus* and *N. uniformis*. *Salamandra* 42:239-254.
- Köhler, G., M. Ponce, J. Sunyer & A. Batista. 2007. Four new species of anoles (genus *Anolis*) from the Serranía de Tabasará, West-central Panamá (Squamata: Polychrotidae). *Herpetologica* 63:375-391.
- Köhler, G. & J. Sunyer. 2008. Two new species of Anoles formerly referred to as *Anolis limifrons* (Squamata: Polychrotidae). *Herpetologica* 64:92-108.
- Köhler, G. 2009. New species of *Anolis* formerly referred to as *Anolis altae* from Monteverde, Costa Rica (Squamata: Polychrotidae). *Journal of Herpetology* 43:11-20.
- Köhler, G. & M. Vesely. 2010. A revision of the *Anolis sericeus* complex with the resurrection of *A. wellbornae* and the description of a new species (Squamata: Polychrotidae). *Herpetologica* 66:207-228.
- Köhler, G., A. Batista, M. Vesely, M. Ponce, A. Carrizo & S. Lotzkat. 2012. Evidence for the recognition of two species of *Anolis* formerly referred to as *A. tropidogaster* (Squamata: Dactyloidae). *Zootaxa* 3348:1-23.
- Köhler, G., R. Pérez, C. Petersen & F. Cruz. 2014. A revision of the Mexican *Anolis* (Reptilia, Squamata, Dactyloidae) from the Pacific versant west of the Isthmus de Tehuantepec in the states



- of Oaxaca, Guerrero, and Puebla, with the description of six new species. *Zootaxa* 3862:1-210.
- Köhler, J., S. Poe, M. Ryan & G. Köhler. 2015. *Anolis marsupialis* Taylor 1956, a valid species from southern Pacific Costa Rica (Reptilia, Squamata, Dactyloidae). *Zootaxa* 3915:111-122.
- Köhler, G., J.H. Townsend & C. Petersen. 2016. A taxonomic revision of the *Norops tropidonotus* complex (Squamata, Dactyloidae), with the resurrection of *N. spilorhipis* (Álvarez del Toro and Smith, 1956) and the description of two new species. *Mesoamerican Herpetology* 3:8-41.
- Moreno-Arias, R., J. Velasco, J. Urbina, G. Cárdenas-Arévalo, G. Medina, P. Gutiérrez, M. Olaya-Rodríguez, C. Cruz-Rodríguez & E. Noguera-Urbano. 2021. Atlas de la biodiversidad de Colombia. *Anolis*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá D.C., Colombia.
- Nicholson, K.E., B.I. Crother, C. Guyer & J.M. Savage. 2018. Translating a clade based classification into one that is valid under the international code of zoological nomenclature: the case of the lizards of the family Dactyloidae (Order Squamata). *Zootaxa* 4461:573-586.
- Nunes, P.M., A. Fouquet, F.F. Curcio, P.J. Kok & M.T. Rodríguez. 2012. Cryptic species in *Iphisa elegans* Gray, 1851 (Squamata: Gymnophthalmidae) revealed by hemipenial morphology and molecular data. *Zoological Journal of the Linnean Society* 166:361-376.
- Ocampo, M., D. Pincheira-Donoso, F. Sayol & R.S. Rios. 2022. Evolutionary transitions in diet influence the exceptional diversification of a lizard adaptive radiation. *BMC Ecology and Evolution* 22:74.
- Pesantes, O.S. 1994. A method for preparing the hemipenis of preserved snakes. *Journal of Herpetology* 28:93-95.
- Poe, S., A. Nieto-Montes, O. Torres-Carvajal, K. De Queiroz, J.A. Velasco, B. Truett, L.N. Gray, M.J. Ryan, G. Köhler, F. Ayala-Varela & I. Latella. 2017. A phylogenetic, biogeographic and taxonomic study of all Extant species of *Anolis* (Squamata; Iguanidae). *Systematic Biology* 66:663-697.
- Ponce, M. & G. Köhler. 2008. Morphological variation in anoles related to *Anolis kemptoni* in Panama. *Salamandra* 44:65-84.
- Pough, F.H., R. Andrews, M. Crump, A. Savitzky, K. Wells & M. Brandle. 2016. *Herpetology*, 4th Edition. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA.
- Quipildor, A.M., A.S. Quinteros & F. Lobo. 2018a. Structure, variation, and systematic implications of the hemipenes of liolaemid lizards (Reptilia: Liolaemidae). *Canadian Journal of Zoology* 96:987-995.
- Quipildor, A.M., V. Abdala, R. Santa Cruz & F. Lobo. 2018b. Evolution of the cloacal and genital musculature, and the genitalia morphology in liolaemid lizards (Iguania: Liolaemidae) with remarks on their phylogenetic bearing. *Amphibia-Reptilia* 39:63-78.
- Quipildor, A.M., M.R. Ruiz-Monachesi, S. Ruiz, T.N. Hibbard, S. Valdecantos & F. Lobo. 2020. Male genitalia's evolutionary rate is higher than those of body traits: the case of two *Liolaemus* lizards' group. *Journal of Zoology* 313:54-65.
- Revell, L.J. & L.J. Harmon. 2022. *Phylogenetic comparative methods* in R. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- Rubio, L. & W. Agudelo. 2020. *Anolis mariarum* Barbour, 1932. Catálogo de Anfibios y Reptiles de Colombia 6:1-8.
- Santos, J.C., L.A. Coloma, K. Summers, J.P. Caldwell, R. Ree & D.C. Cannatella. 2009. Amazonian amphibian diversity is primarily derived from late Miocene Andean lineages. *PLoS Biology* 7:e1000056.
- Torres-Carvajal, O., P.J. Venegas & P.M. Nunes. 2020. Description and Phylogeny of a New species of Andean lizard (Gymnophthalmidae: Cercosaurinae) from the Huancabamba Depression. *South American Journal of Herpetology* 18:13-23.
- Tschopp, P., E. Sherratt, T.J., Sanger, A.C. Groner, A. Aspiras, J.K. Hu, O. Pourquié, J. Gros & C.J. Tabin. 2014. A relative shift in cloacal location repositions external genitalia in amniote evolution. *Nature* 516:391-394.
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar, F. Reyes, J. Kudera & J. Hošek (Eds.) 2023. The Reptile Database. <http://www.reptile-database.org>. [Consulted in June 2024].
- Vargas-Ramírez, M. & R. Moreno-Arias. 2014. Unknown evolutionary lineages and population differentiation in *Anolis heterodermus* (Squamata: Dactyloidae) from the Eastern and Central



- Cordilleras of Colombia revealed by DNA sequence data. *South American Journal of Herpetology* 9:131-141.
- Vitt, L.J. & J.P. Caldwell. 2014. Chapter 21: Squamates - Part I. Lizards. Pp. 555-596. En Vitt, L. & J. Caldwell (Eds.), *Herpetology. An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*, 4th edition, Elsevier, San Diego, California, USA.
- Williams, E.E. 1972. The origin of faunas. Evolution of lizard congeners in a complex island fauna: a trial analysis. Pp. 47-89. In Dobzhansky, T., M.K. Hecht & W.C. Steere (Eds.), *Evolutionary Biology*. Springer, New York, USA.
- Winchell, K.M., R.G. Raynolds, S.R. Prado-Irwin, A.R. Puente-Rolón & L.J. Revell. 2016. Phenotypic shifts in urban areas in the tropical lizards *Anolis cristatellus*. *Evolution* 70:1009-1022.
- Zaher, H. 1999. Hemipenial morphology of the South American Xenodontine snakes, with a proposal for a monophyletic Xenodontinae and a reappraisal of colubroid hemipenes. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 240:1-168.
- Zaher, H. & A.L.C. Prudente. 1999. Intraspecific Variation of the Hemipenis in *Siphlophis* and *Tripanurgos*. *Journal of Herpetology* 33:698.
- Zaher, H. & A.L.C. Prudente. 2003. Hemipenes of *Siphlophis* (Serpentes, Xenodontinae) and techniques of hemipenial preparation in snakes: a response to Dowling. *Herpetological review* 34:302-306.



APPENDICES

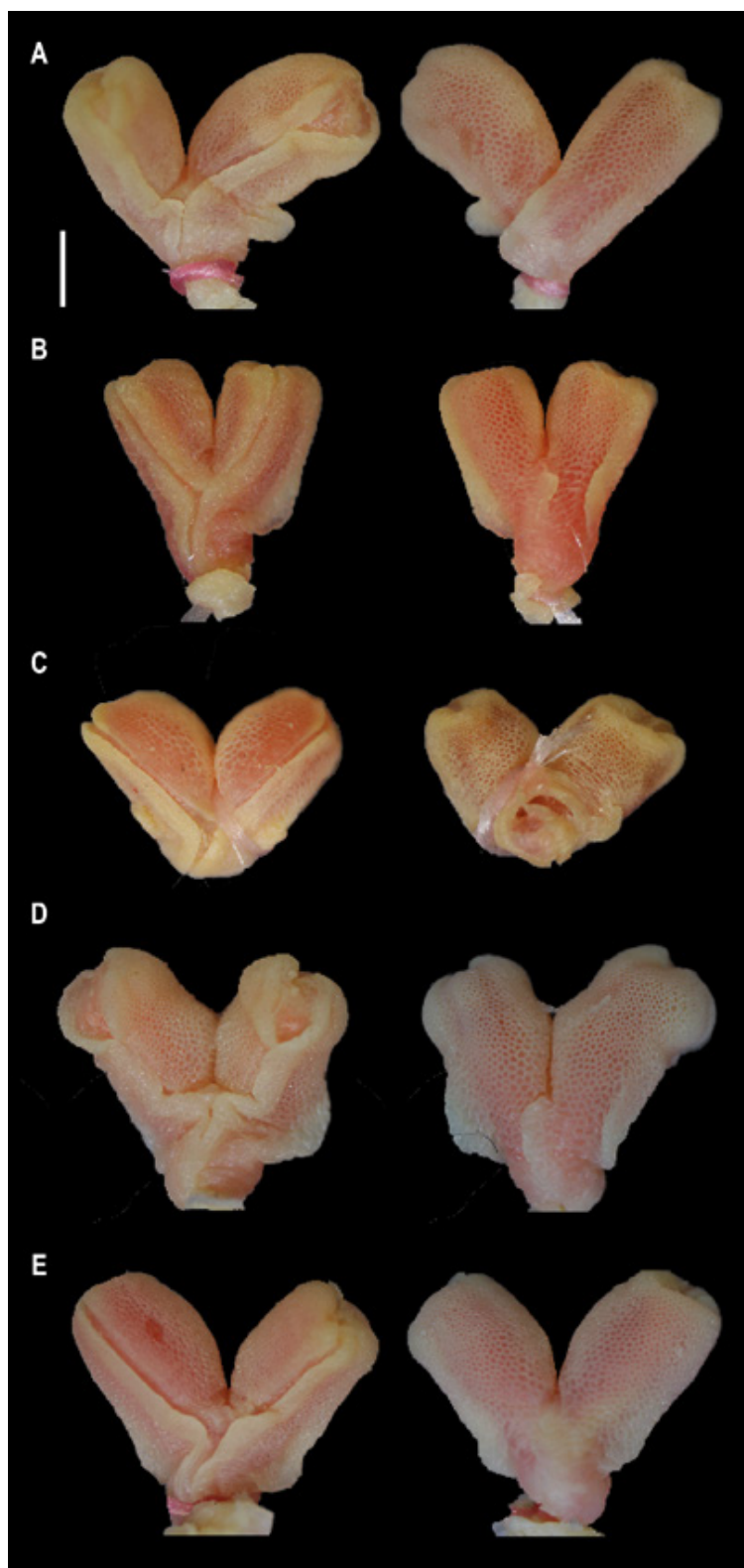
Appendix 1. Characters and their states for each species used in ancestral state reconstruction

Apéndice 1. Caracteres y sus estados para cada especie utilizada en la reconstrucción de estados ancestrales.

Species	Hemipenis	Lobes	Size	Skin ridge	Flounces	Reference
<i>Anolis mariarum</i>	Bilobed	Globular	Two-thirds of total length	Yes	Yes	Our study
<i>Anolis antonii</i>	Bilobed	Tubular	Two-thirds of total length	Yes	No	Our study
<i>Anolis candidate 1</i>	Bilobed	Globular	One-third of total length	Yes	Yes	Our study
<i>Anolis tolimensis</i>	Bilobed	Globular	Half of total length	Yes	Yes	Our study
<i>Anolis altae</i>	Bilobed	Tubular	Two-thirds of total length	Yes	Yes	Köhler et al., 2009
<i>Anolis fuscoauratus</i>	Bilobed	Globular	One-third of total length	Yes	Yes	Our study
<i>Anolis urraoi</i>	Bilobed	Tubular	No inf.	No inf.	No inf.	Grísales-Martínez et al., 2017
<i>Anolis kemptoni</i>	Unilobed	Globular	Half of total length	Yes	No	Köhler et al., 2007
<i>Anolis quagglus</i>	Bilobed	Tubular	Half of total length	No	No	Köhler et al., 2015
<i>Anolis humilis</i>	Bilobed	Tubular	Two-thirds of total length	No	No	Köhler et al., 2015
<i>Anolis polylepsis</i>	Bilobed	Globular	Half of total length	Yes	Yes	Köhler et al., 2010
<i>Anolis trachyderma</i>	Bilobed	Tubular	Half of total length	Yes	Yes	Köhler et al., 2012
<i>Anolis tropidogaster</i>	Bilobed	Globular	Two-thirds of total length	No	Yes	D'Angiolella et al., 2016
<i>Anolis tropidonotus</i>	Unilobed	Globular	Half of total length	No	No	Köhler et al., 2016
<i>Anolis sericeus</i>	Bilobed	Globular	Two-thirds of total length	No	No	Köhler & Vesely, 2010
<i>Anolis auratus</i>	Bilobed	Globular	Half of total length	No	No	D'Angiolella et al., 2016
<i>Anolis isthmicus</i>	Bilobed	Globular	Two-thirds of total length	Yes	No	Köhler et al., 2014
<i>Anolis stratulus</i>	Bilobed	Globular	One-third of total length	No inf.	No	Klaczko et al., 2017
<i>Anolis cristatellus</i>	Bilobed	Globular	Half of total length	Yes	No	Klaczko et al., 2017

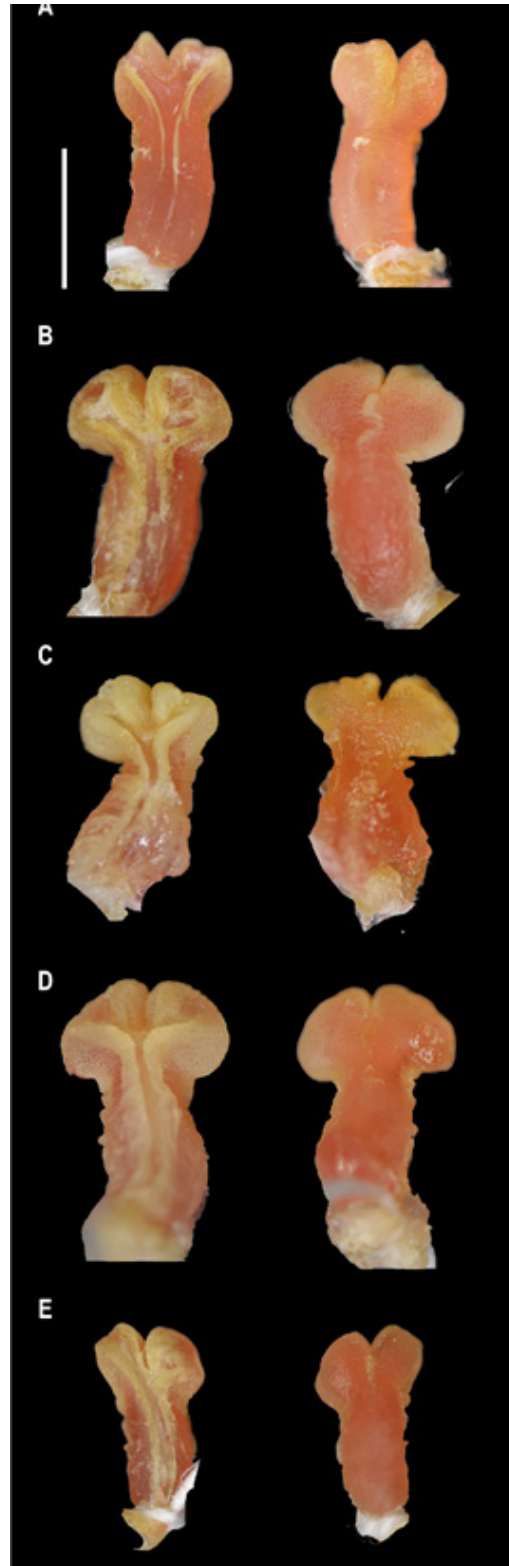
Appendix 2. Studied hemípenes of *Anolis antonii*, (A) ICN3774, (B) ICN3775, (C) ICN3778, (D) ICN3786, (E) ICN3788 (Scale = 2mm).

Apéndice 2. Hemípenes estudiados de *Anolis antonii*, (A) ICN3774, (B) ICN3775, (C) ICN3778, (D) ICN3786, (E) ICN3788 (Escala = 2mm).



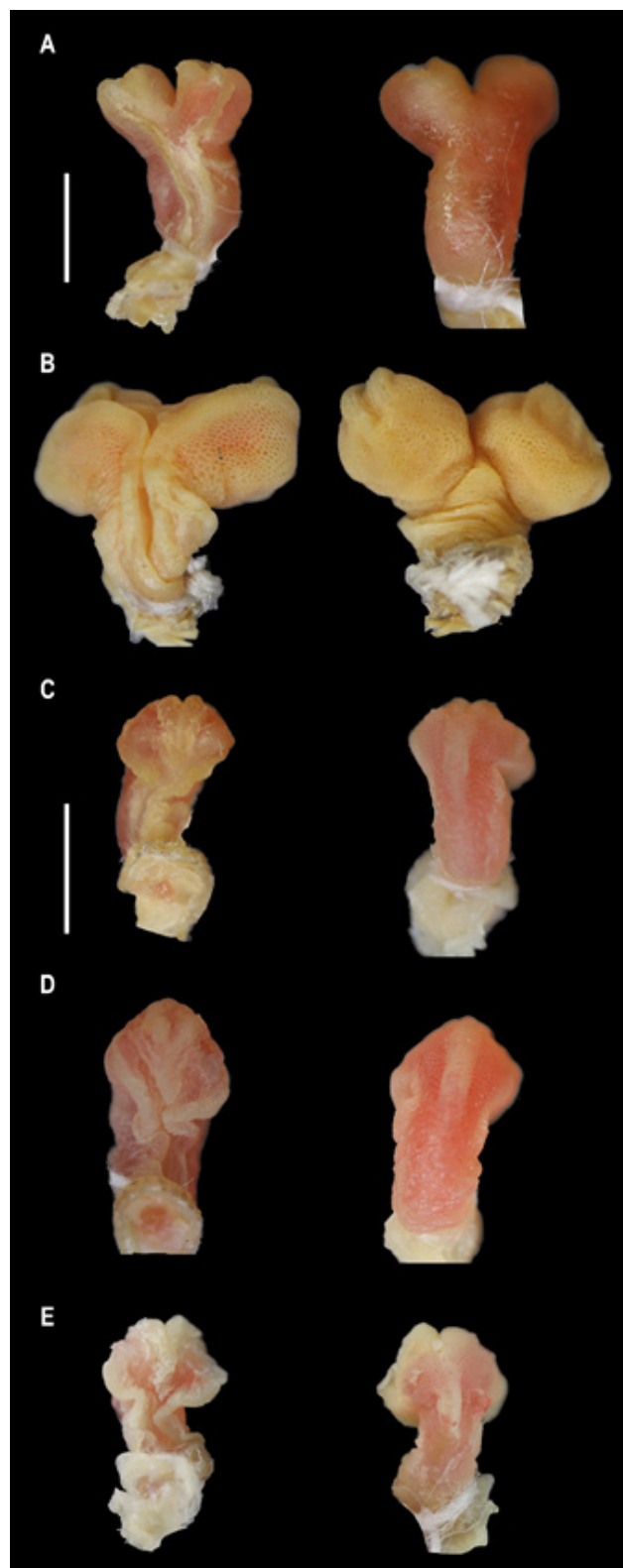
Appendix 3. Studied hemípenes of *Anolis fuscoauratus*, (A) ICN4436, (B) ICN4437, (C) ICN8616, (D) ICN11069, (E) ICN11073 (Scale = 2mm).

Apéndice 3. Hemípenes estudiados de *Anolis fuscoauratus*, (A) ICN4436, (B) ICN4437, (C) ICN8616, (D) ICN11069, (E) ICN11073 (Escala = 2mm).



Appendix 4. Studied hemipenes of *Anolis mariarum*, (A) ICN3807, (B) ICN3808, (C) ICN3791, (D) ICN3793, (E) ICN3799 (Scale = 2mm).

Apéndice 4. Hemipenes estudiados de *Anolis mariarum*, (A) ICN3807, (B) ICN3808, (C) ICN3791, (D) ICN3793, (E) ICN3799 (Escala = 2mm).

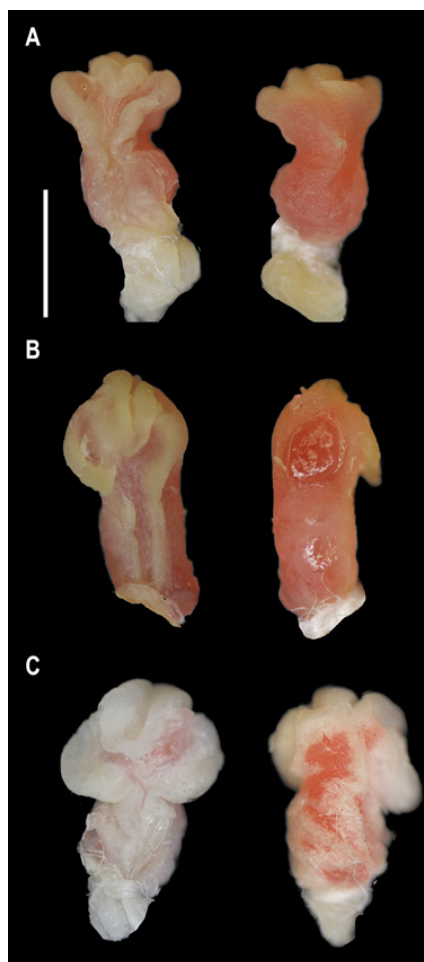


Appendix 5. Studied hemipenis of *Anolis tolimensis*, (A) ICN3785 (Scale = 2mm). / **Apéndice.** Hemípenes estudiados de *Anolis tolimensis*, (A) ICN3785 (Escala = 2mm).



Appendix 6. Studied hemipenis of *Anolis* candidate 1, (A-B) ICN5966, (C) CZCH-UMNG-R:185 (Scale = 2mm).

Appendix 6. Hemípenes estudiados de *Anolis* candidato 1, (A-B) ICN5966, (C) CZCH-UMNG-R:185 (Escala = 2mm).



MALFORMACIÓN CAUDAL EN *CAIMAN CROCODILUS* (ALLIGATORIDAE) EN EL SITIO RAMSAR BARRA DE SANTIAGO, EL SALVADOR

CAUDAL MALFORMATION IN *CAIMAN CROCODILUS* (ALLIGATORIDAE) AT THE BARRA DE SANTIAGO RAMSAR SITE, EL SALVADOR

Carlos R. Avilés^{1*}, Jazminne S. Paiz^{1,2}, Johana Sermeño³, Juan A. Pérez³, Jordi H. Segura³ & R. Joel Espinal⁴

¹Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador, Ciudad Universitaria "Dr. Fabio Castillo Figueroa", Av. Mártires y Héroes del 30 de Julio, San Salvador, El Salvador.

²Oceanic Alliance, Aserrí, San José, Costa Rica.

³Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes, Edificios MARN San Salvador. El Salvador.

⁴Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales República Dominicana, Av. Cayetano Germosén esq. Av. Gregorio Luperón Ensanche El Pedregal.

*Correspondence: qcole1969@gmail.com

Received: 2025-02-01. Accepted: 2025-03-27. Published: 2025-06-09.

Editor: Pierre Charruau, México.

Abstract.— The presence of malformations has been observed in most vertebrates. In crocodilians, such as the spectacled caiman (*Caiman crocodilus*), records are limited and primarily come from studies on captive individuals (farms, zoos). The occurrence of morphological anomalies in wild crocodilian populations had not been previously documented in El Salvador. During nocturnal monitoring of *C. crocodilus* in 2022, an individual was captured exhibiting brachyury, non-vascularized growth, and fusion of caudal crests 1-5. The same individual was recaptured in 2024 in apparently good health, suggesting that the condition does not impair its locomotion or feeding ability.

Keywords.— Caudal crests, caiman, malformation.

Resumen.— La presencia de malformaciones ha sido observada en la mayoría de vertebrados, en cocodrilianos como el caimán de anteojos (*Caiman crocodilus*), los registros son limitados y provienen de estudios realizados con ejemplares en cautiverio (granjas, zoológicos). La presencia de anomalías en la morfología de cocodrilianos en poblaciones silvestres no ha sido registrada anteriormente para El Salvador, sin embargo, durante los monitoreos nocturnos de *C. crocodilus* (2022) se capturó un ejemplar que presentó braquiuria, crecimiento no vascularizado y fusión de crestas caudales 1-5, posteriormente (2024) fue recapturado con un aparente buen estado de salud lo que indica que la condición que presenta no involucra una dificultad en su locomoción y alimentación.

Palabras clave.— Crestas caudales, caimán, malformación.

En cocodrilianos la presencia de diferentes tipos de malformaciones han sido registradas, la mayoría de los reportes se desarrollan en granjas de reproducción (Ferguson, 1985; Serrano et al., 2024), en poblaciones silvestres existe información limitada, pero de mucho valor (Webb & Messel, 1977) que proporciona una base para realizar análisis y comparativas. La presencia de anomalías en la zona caudal se presenta en especies como *Alligator mississippiensis* (Ferguson datos no publicados), *Crocodylus porosus* (Kar, 1979), *G. gangeticus* (Singh & Bustard, 1982; Webb et al., 1983), *C. acutus* (Serrano et al., 2024).

Caiman crocodilus es la menor de las dos especies de cocodrilianos presentes en El Salvador, catalogado como especie en peligro a nivel nacional por el Ministerio de Medio Ambientes y Recursos Naturales de El Salvador (MARN), 2023 y como especie de baja preocupación según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), posee una distribución limitada a algunas zonas costeras, ríos, lagunas, embalses artificiales.

En junio de 2022, durante un recorrido nocturno (entre las 20h - 22 h) realizado en el municipio de Metalío en el departamento de Sonsonate (13° 39' 36" N 89° 55' 49" W) se realizó la captura de un ejemplar de *C. crocodilus* de 35cm de Longitud Total (LT) sin sexo determinado, que presentaba una anomalía morfológica en la región caudal, al finalizar la bifurcación de las crestas caudales

se observa la unificación de la cresta y un crecimiento anormal, sin cicatrices que demuestren la pérdida del segmento y una regeneración posterior, pero con una reducción aproximada (braquiuria) de un 30 % de la longitud caudal promedio para un ejemplar de tamaño comparable finalizando en la 7 línea de escamas transversales (Fig. 1).



Figure 1. *Caiman crocodilus* with caudal malformation captured during nocturnal sampling, June 2022. Photo: Juan A. Pérez.

Figura 1. *Caiman crocodilus* con malformación caudal capturado durante muestreo nocturno junio 2022. Foto: Juan A. Pérez.

Durante un monitoreo nocturno realizado durante mayo de 2024 aproximadamente a las 21:00h se realizó la captura en las coordenadas 13° 39' 16" N 89° 55' 02" W de un individuo con las mismas características (presumiblemente el mismo ejemplar) con LT de 103 cm, incluyendo el mismo patrón de manchas en los

laterales de la zona caudal (Fig. 2B,C). El crecimiento de la quilla anómala se acerca a los 8 cm y la presencia de manchas alargadas de forma transversal que delatan el aumento de tamaño (Fig. 2A).



Figure 2. *Caiman crocodilus* captured during nocturnal sampling in May 2024. A: Full-body view of the individual, B: Lateral view of the fusion of caudal crests 1-5, C: Dorsal view of the fusion of caudal crests 1-5. Photos: Johana Sermeño.

Figura 2. *Caiman crocodilus* capturado durante muestreo nocturno mayo/2024. A: vista del cuerpo completo del individuo, B: vista lateral de la fusión de crestas caudales 1-5, C: vista dorsal de la fusión de las crestas caudales 1-5. Fotos: Johana Sermeño.

Se ha demostrado que la contaminación agroindustrial puede modificar los niveles de testosterona (T) significativamente en ejemplares de *Alligator mississippiensis* (Guillette et al., 1994; 1997), y podría estar relacionado con malformaciones congénitas. Deraniyagala (1939) identificaba la presencia de un pliegue caudal terminal no vascularizado en embriones de *Crocodylus porosus* que surge por la fusión de los últimos tres anillos de escamas caudales; bastante similar a lo identificado en este ejemplar, pero difiere en la fusión de escamas que incluye los últimos cinco anillos caudales. Serrano et al. (2024) identifica anomalías comparables de braquiuria (entre otras) en embriones de *Crocodylus acutus* nacidos en cautiverio.

En el sector la presencia de grandes extensiones de terreno cultivadas (principalmente caña de azúcar) en diferentes sitios que se comunican con el sitio Ramsar, inclusive algunos que invaden las zonas de amortiguamiento podrían estar estrechamente relacionados a este tipo de malformaciones, el uso desmedido de agroquímicos representa uno de los factores que más afecta a las poblaciones silvestres. La contaminación es una preocupación importante, en particular los contaminantes químicos como pesticidas, metales pesados y compuestos disruptores endocrinos que pueden acumularse en los ecosistemas acuáticos (Charruau & Torres, 2014). Estas sustancias pueden interferir con los procesos normales de desarrollo, lo que provoca anomalías físicas.

Durante los últimos años se han registrado casos de ejemplares de *C. acutus* en nidos que han sido trasladados al vivero ubicado en el sector como parte del Programa Nacional de Conservación de Caimán y Cocodrilo (PNCCC) llevado a cabo por el MARN, entre los cuales se mencionan: (2024) ejemplar nacido con malformación en mandíbula inferior, muerto veinte minutos posterior a la eclosión; (2022) ejemplar con mandíbula superior con malformación; (2023) ejemplar nacido y liberado en Canal El Zapatero zona caudal poco desarrollada; (2023) ejemplar con leucismo, muerto 5 minutos después de la eclosión; (2023) ejemplar adulto avistado con malformación en extremidad trasera que a simple vista dificulta su locomoción (datos no publicados). Estos datos reflejan que este tipo de anomalías afectan a ambas especies en la zona y que la probabilidad de sobrevivencia en ejemplares afectados podría ser baja.

El aumento de temperaturas como resultado del cambio climático, contaminación, endogamia, enfermedades infecciosas (virus, bacterias y hongos) pueden afectar el desarrollo embrionario (Serrano et al., 2024), aumentando la probabilidad de presentar crecimientos anómalos. Otros estudios relacionan el uso de pesticidas con ciertas malformaciones en *Bothrops*

jararaca y *Crotalus durissus* en Suramérica (Sant'Anna et al., 2013), así como benzopirenos y diabenzo antracenos, bifelinos policlorados (PCB's) y metales pesados como arsénico (As), cobre (Cu), cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb), con malformaciones en la especie *Chelydra serpentina* y *Chrysemy spicta* en el refugio de vida silvestre John Heinz (Bell et al., 2006).

La sobrevivencia de *C. crocodilus* con este tipo de malformaciones ha sido poco documentada, por lo cual este hallazgo presenta cierta relevancia científica para la realización de posteriores estudios de caracterización genética de las poblaciones de la región, considerando la posibilidad de convergencia de *Caiman crocodilus fuscus* y *Caiman crocodilus chiapasius* como se presenta en Venegas-Anaya et al. (2008), así como la consecuente hipótesis de hibridación entre ambas subespecies.

Los monitoreos continuos y futuras investigaciones podrían dar mayores respuestas sobre estas anomalías, así como información clave relacionada con la calidad del agua y cuantificación de agentes asociados a malformaciones en el orden Crocodylia y otros grupos presentes en el humedal.

Agradecimientos.– Nuestro total agradecimiento al grupo de guarda-recursos del Sitio Ramsar Barra de Santiago por su incansable labor. A los técnicos/as a cargo del Programa Nacional de Conservación de Caimán y Cocodrilo (PNCCC). Al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales por el acompañamiento y Antonio Villeda ex miembro del equipo de guarda recursos y precursor de las iniciativas de conservación con cocodrilianos.

LITERATURA CITADA

- Bell, B., J.R. Spotila & J. Congdon. 2006. High incidence of deformity in aquatic turtles in the John Heinz National Wildlife Refuge. *Environmental Pollution* 142:457-465.
- Charruau, P. & C.A. Niño-Torres. 2014. Third case of amelia in Morelet's crocodile from the Yucatan Peninsula. *Diseases of Aquatic Organisms* 109:263-267.
- Deraniyagala, P.E.P. 1939. The Tetrapod Reptiles of Ceylon, Vol. 1, Testudines and Crocodilians. Colombo Museum, Sri Lanka. Dubau & Co., London, UK.
- Ferguson, M.W. 1985. Biology of the Reptilia. Pp. 329-491. En C. Gans & F. Billett (Eds.), *Biology of the Reptilia*. Academic Press, London, UK.

- Guillette, L.J. Jr., A.A. Rooney & D.B. Pickford. 1997. Alterations in steroidogenesis in alligators (*Alligator mississippiensis*) exposed naturally and experimentally to environmental contaminants. *Environmental Health Perspectives* 105:528-533.
- Guillette, L.J. Jr., T.S. Gross, G.R. Masson, J.M. Matter, H.F. Percival & A.R. Woodward. 1994. Developmental abnormalities of the gonad and abnormal sex hormone concentrations in juvenile alligators from contaminated and control lakes in Florida. *Environmental Health Perspectives* 102:680-688.
- MARN. 2023. Listado Oficial de Especies de Vida Silvestre Amenazadas y en Peligro de Extinción. Diario Oficial. Tomo 441. Acdo. 257. <https://bibliotecaambiental.ambiente.gob.sv/documentos/acuerdo-257-listado-oficial-de-especies-de-vida-silvestre-amenazadas-y-en-peligro-de-extincion/> [Consultado en octubre 2024].
- Sant'Anna, S.S., K.F. Grego, C.A.B. Lorigados, A.C.B.C. Fonseca-Pinto, W. Fernandes, L.C. Sá-Rocha & J.L. Catão-Dias. 2013. Malformations in neotropical viperids: qualitative and quantitative analysis. *Journal of Comparative Pathology* 149:503-508.
- Serrano, O.S., A. Garcês, I. Pires, J.A. Calderón Mateus, J.M. Olivera & J.J. Dávila. 2024. Congenital anomalies in American crocodile (*Crocodylus acutus*, Cuvier, 1807) embryos from a farm breeder in Colombia. *Veterinary Sciences* 11:317.
- Singh, L.A.K. & H.R. Bustard. 1982. Congenital defects in the gharial, *Gavialis gangeticus* (Gmelin). *British Journal of Herpetology* 6:215-219.
- Venegas-Anaya, M., A.J. Crawford & A.H. Escobedo-Galván. 2008. Mitochondrial DNA phylogeography of *Caiman crocodilus* in Mesoamerica and South America. *Journal of Experimental Zoology Part A: Comparative Experimental Biology* 309A:614-627.
- Webb, G.J.W. & H. Messel. 1977. Abnormalities and injuries in the estuarine crocodile, *Crocodylus porosus*. *Australian Wildlife Research* 4:311-319.
- Webb, G.J.W., G.C. Sack, R. Buckworth & S.C. Manolis. 1983. An examination of *Crocodylus porosus* nests in two northern Australian freshwater swamps, with an analysis of embryo mortality. *Australian Wildlife Research* 10:571-605.



REGISTRO DE DISTRIBUCIÓN DE *LAMPROPELTIS POLYZONA*, EN PUEBLO NUEVO, DURANGO, MÉXICODISTRIBUTION RECORD OF *LAMPROPELTIS POLYZONA*, IN PUEBLO NUEVO, DURANGO, MEXICOJesús Favela-Mesta^{1*} & Christian Berriozabal-Islas²¹Área de Desarrollo Regional Sustentable, Universidad para el Bienestar Benito Juárez García, Sede Cuencamé, Durango, Carretera Guadalupe Victoria-Ramón Corona Km 42, Cuauhtémoc, 35850, Cuencamé, Durango.²Dirección de Laboratorios, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Unidad Central de Laboratorios, Pachuca-Tulancingo Km 4.5, Carboneras, 42184, Pachuca, Hidalgo.*Correspondence: jesfav28@gmail.com

Received: 2024-08-24. Accepted: 2025-04-28. Published: 2025-06-11.

Editor: Carlos Alberto Hernández Jiménez, México.

La serpiente falsa coral mexicana *Lampropeltis polyzona* Cope, 1860, es un miembro del complejo *triangulum*, sin embargo, ha tenido una historia taxonómica complicada, debido a que anteriormente fue considerada como subespecie de *L. triangulum* Lacépède, 1789, y recientemente mediante análisis filogenéticos se reconoció como especie por Ruane et al. (2014) y Chambers & Hillis (2020). Se trata de una especie endémica de México y se distribuye ampliamente a lo largo del occidente y centro del país, en las costas del Pacífico y Atlántico, desde el sur de Sonora y suroeste de Chihuahua, hacia el sur, incluyendo Sinaloa, Nayarit, Colima, Jalisco y Michoacán, hasta Guerrero, y norte de Oaxaca, luego hacia el centro, abarcando Guanajuato, Morelos, Estado de México, Puebla, occidente de San Luis Potosí, Tlaxcala e Hidalgo y al este hasta Veracruz (Ruane et al., 2014; Chambers & Hillis, 2020). El rango de elevación donde se encuentra va desde el nivel del mar hasta los 3000 m de altitud (Leyte-Manrique et al., 2017).

Es una serpiente terrestre de talla mediana con una longitud total de 150 cm (Piñango-Bustamante et al., 2022). Habita en bosque subtropical espinoso, bosque perenne estacional, bosque mesófilo de montaña, bosque de pino-encino y bosque tropical caducifolio (Vásquez-Cruz, 2020; Piñango-Bustamante et al., 2022). Se alimenta principalmente de reptiles y serpientes, en ocasiones de mamíferos (roedores y musarañas) y rara vez de aves y de huevos de reptiles (Vásquez-Cruz, 2020; Fernández-Rojas et al., 2022).

El 16 de noviembre del 2019, a las 11:47 h en la región de Las Quebradas (23.6838° N, 105.2848° W; WGS 84; elevación 1,540 m s.n.m.), en la zona al sureste de la Laguna de Las Joyas, municipio de Pueblo Nuevo, Durango, México (Fig. 1), durante un recorrido en un día soleado, se registró un individuo adulto de *L.*

polyzona en un árbol a una altura de 1.80 m (Fig. 2). La serpiente se encontraba en la horquilla del árbol, del cual comenzó a descender (Figs. 2a y 2b). El hábitat del registro corresponde al bosque tropical caducifolio, y se ubica a un costado del río Acaponeta, el área se encuentra entre cañones que tienen una altitud de más de 2,000 m s.n.m. (Figs. 2c y 2d). La zona es de difícil acceso, con pendientes pronunciadas, y se encuentra conservada (Fig. 2c). La especie fue corroborada por la Dra. Irene Goyenechea Mayer Goyenechea encargada de la colección húmeda de anfibios y reptiles del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, en la cual se depositaron los registros de dos fotos, con números de catálogo CH-CIB 174a y CH-CIB 174b, en Pachuca, Hidalgo.

La ocurrencia se ubica a 1.1 km al noreste de la distribución del polígono propuesto por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2024). Así mismo, el registro se encuentra a 8.4 km al norte del área de distribución potencial más cercana propuesta para México (Ramírez-Bautista et al., 2019; Fig. 1), y a 40 km al noreste de la localidad más cercana registrada para la especie (iNaturalist, 2024).

Se han reportado otros registros fuera de su área de distribución, como en el municipio de Jesús María, Aguascalientes, el cual fue el primero para la entidad, extendiendo un rango de 133 km de las localidades más cercanas reportadas (Quintero-Díaz & Rojas-Quezada, 2014). Éste y otros registros coinciden con las características del hábitat de la observación aquí descrita, como bosque tropical caducifolio o vegetación riparia cercana a ríos (Leyte-Manrique et al., 2017). Asimismo, en la plataforma de iNaturalist se reportan tres registros para Durango, los cuales se ubican en los límites con Sinaloa en los municipios de

Pueblo Nuevo en el 2009 (23.5959453217° N, 105.6648131087° W; <https://mexico.inaturalist.org/observations/43618720>) y 2018 (23.0940129203° N, 105.303455094° W; <https://mexico.inaturalist.org/observations/177378306>), así como Tamazula en el 2020 (24.5508918611° N, 106.5630340556° W; <https://mexico.inaturalist.org/observations/64905982>; iNaturalist, 2024; Fig. 1).

Es escasa la literatura y registros de *L. polyzona* en el estado de Durango, algunos trabajos sobre reptiles en el estado no hacen referencia a su ocurrencia en la entidad (Lemos-Espinal et al., 2018), y en otros casos se describen especies que posiblemente ocurren en Durango, de acuerdo a registros en estados colindantes indicando, para *L. polyzona*, que los registros

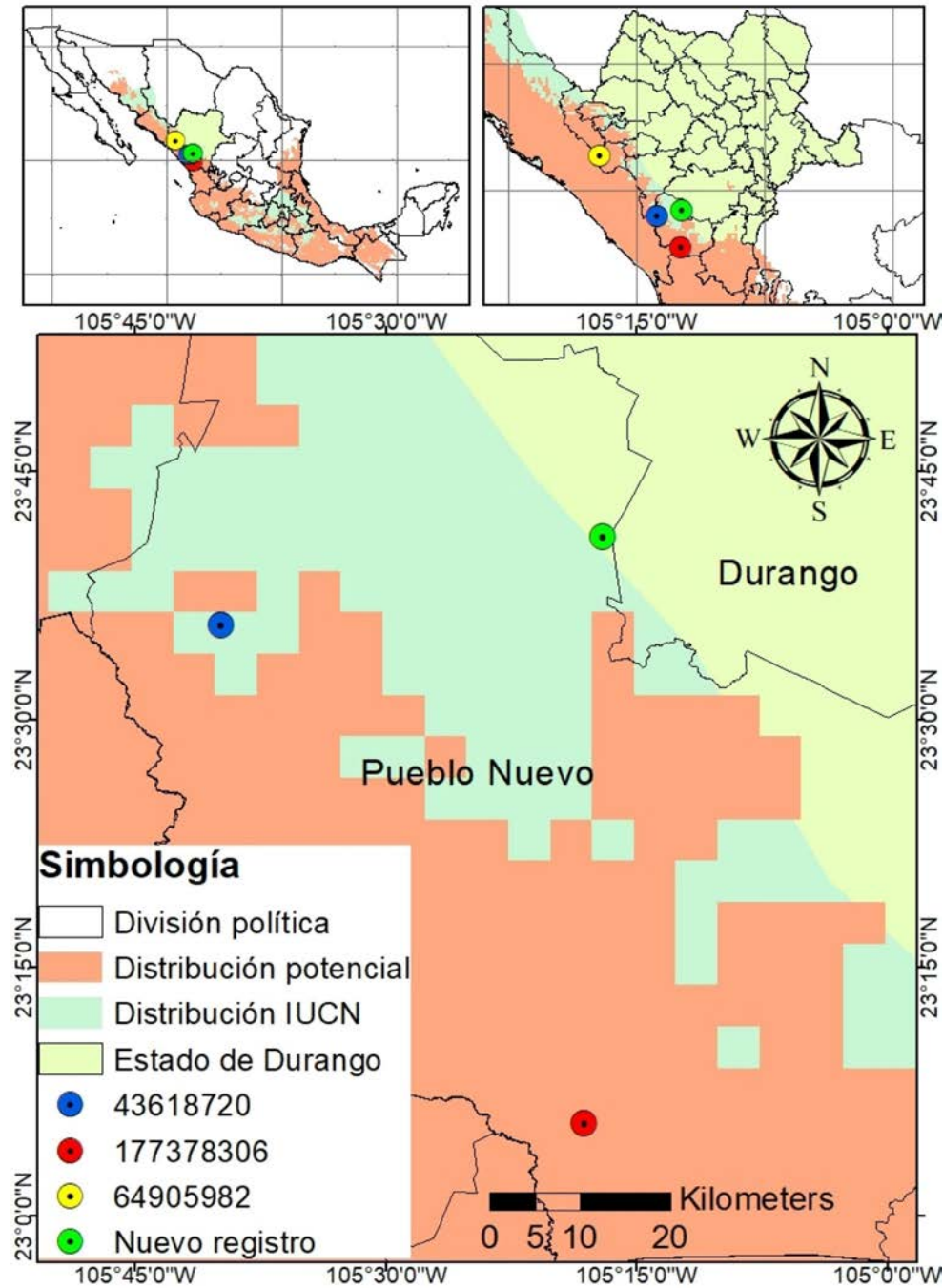


Figure 1. Distribution and geographical location of *Lampropeltis polyzona* records in Durango, Mexico.

Figura 1. Distribución y ubicación geográfica de los registros de *Lampropeltis polyzona* en Durango, México

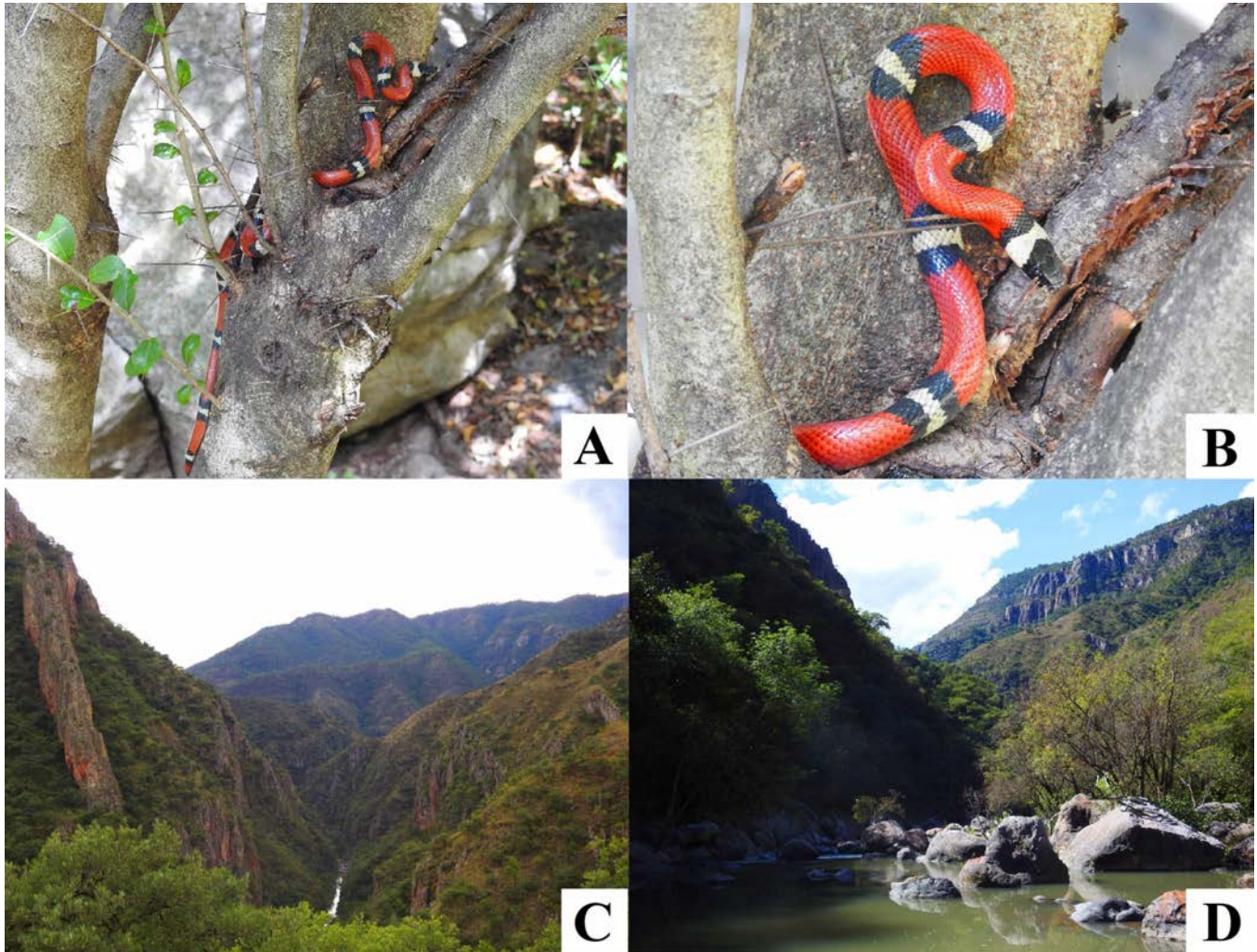


Figure 2. Individual of *Lampropeltis polyzona* (A, B), Las Quebradas region and canyons in Pueblo Nuevo, Durango (C), and tropical deciduous forest and Acahoneta river in Laguna de Las Joyas, Pueblo Nuevo, Durango (D). Photos: Jesús Favela-Mesta.

Figura 2. Individuo de *Lampropeltis polyzona* (A, B), región de Las Quebradas y cañones en Pueblo Nuevo, Durango (C), y bosque tropical caducifolio y río Acahoneta en Laguna de Las Joyas, Pueblo Nuevo, Durango (D). Fotos: Jesús Favela-Mesta.

más cercanos corresponden al Rosario, en el sur de Sinaloa, y en el suroeste de Chihuahua, sin embargo no se indican las coordenadas (Valdez-Lares et al., 2013). Por ello, es importante documentar registros como el presente, el cual representa el primero publicado para el estado de Durango. Asimismo, dado que se ubica en los límites de los municipios de Pueblo Nuevo y Durango, representa el registro más al noreste del estado de Durango y se confirma la presencia de la especie. Es posible que la especie ocurra más al norte, por tal, es necesario una mayor exploración y estudios en esta región que permita documentar y analizar la biodiversidad de la zona.

Agradecimientos.— Al Lic. Rafael Sarmiento y la Secretaría de Turismo del Estado de Durango, por el financiamiento del proyecto de Guías de Aves, lo cual permitió explorar esta zona y obtener el registro. Asimismo al guía de naturaleza Mauro Torres, por su apoyo durante el recorrido de campo.

LITERATURA CITADA

Chambers, E.A. & D.M. Hillis. 2020. The multispecies coalescent over-splits species in the case of geographically widespread taxa. *Systematic Biology* 69:184-193.

- Fernández-Rojas, A.N., M.A. Güizado-Rodríguez, D.M. Rivera-Ortuño, E. Ángel-Hernández & B. Viveros-Moreno. 2022. First predation record of *Celestus legnotus* Campbell & Camarillo 1994 (Squamata: Anguillidae) by *Lampropeltis polyzona* Cope, 1860 (Squamata: Colubridae) in Puebla, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 5:11-14.
- iNaturalist, 2024. Naturalista México. <https://mexico.inaturalist.org>. [Consultado en julio 2024].
- IUCN 2024. The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2024-1. <https://www.iucnredlist.org>. [Consultado en julio 2024].
- 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.
- Leyte-Manrique, A., V. Mata-Silva & R.W. Hansen. 2017. New records for *Lampropeltis polyzona* Cope, 1860 (Reptilia: Squamata: Colubridae), from Guanajuato, México. *Distribution Notes* 4:463-464.
- Piñango-Bustamante, J.E., O. Cid-Mora & V. Vásquez-Cruz. 2022. *Sceloporus grammicus* (Squamata: Phrynosomatidae), nueva especie presa en la dieta de *Lampropeltis polyzona* (squamata: colubridae). *Revista Latinoamericana de Herpetología* 5:09-10.
- Quintero-Díaz, G.E. & S. Rojas-Quezada. 2014. Geographic distribution *Lampropeltis polyzona*. *Herpetological Review* 45:664.
- Ramírez-Bautista, A., F. Torres-Ángeles, R. Cruz-Elizalde & I. Magno-Benítez. 2019. *Lampropeltis polyzona* (falsa coralillo real occidental). Distribución potencial, escala 1:4,000,000. Centro de Investigaciones Biológicas, Pachuca, Hidalgo, México.
- Ruane, S., R.W. Bryson, R.A. Pyron & F.T. Burbrink. 2014. Coalescent species delimitation in milksnakes (Genus *Lampropeltis*) and impacts on phylogenetic comparative analyses. *Systematic Biology* 63:231-250.
- Valdez-Lares, R., R. Muñiz-Martínez, H. Gadsden, G. Aguirre-León, G. Castañeda-Gaytán & R. González-Trápaga. 2013. Checklist of amphibians and reptiles of the state of Durango, México. *Check List* 9:714-724.
- Vásquez-Cruz, V. 2020. New prey records for the Atlantic Central American Milksnake *Lampropeltis polyzona* (Serpentes: Colubridae). *Phyllomedusa* 19:107-111.



NUEVO REGISTRO DE *LEPTODEIRA SEPTENTRIONALIS POLYSTICTA* (SQUAMATA: DIPSADIDAE) EN LA SIERRA DE TAXCO, GUERRERO, MÉXICO

NEW RECORD OF *LEPTODEIRA SEPTENTRIONALIS POLYSTICTA* (SQUAMATA: DIPSADIDAE) FROM THE SIERRA DE TAXCO, GUERRERO, MÉXICO

Ricardo Abraham Domínguez-Acevedo^{1,2}, Timo Budesheim³, Alexis Aguilar-Cruz & Carlos J. Pavón-Vázquez^{1*}

¹Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Colonia Los Reyes Ixtacala, Tlalnepantla, Estado de México, C.P. 54090, México.

²Herpetologica LAB., Salvador Díaz Mirón 117, Santa María la Ribera, Cuauhtémoc, Ciudad de México, C.P. 06450, México.

³Dragones de Niebla, Pilita 11, Barrio de Hueyatengo, Taxco de Alarcón, Guerrero, C.P. 40200, México.

*Correspondence: cjpvnunam@gmail.com

Received: 2025-01-06. Accepted: 2025-03-25. Published: 2025-06-12.

Editor: Irene Goyenechea Mayer-Goyenechea, México.

México: Guerrero: Tetipac: 2 km E (línea recta) Palo del Muerto (18.5915° N, 99.6619° W; datum = WGS84; 2,536 m s.n.m.). El 28 de agosto de 2024, a las 09:31 h, encontramos un individuo de *Leptodeira septentrionalis polysticta* de aproximadamente 80 cm de longitud total (Fig. 1A) debajo de una lámina de metal, en la periferia de un plantío de aguacate (Fig. 1B). La vegetación circundante al sitio de encuentro consiste en un bosque de pino-encino. El ejemplar fue sacrificado mediante una inyección intracelómica de 0.05 mL de pentobarbital sódico al 6.3 %, fijado con etanol al 96 % y posteriormente almacenado en etanol al

70 %. Finalmente, fue depositado en el Museo de Zoología de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México (MZFZ-5159). La identificación taxonómica del ejemplar se basó en la presencia de tres escamas preoculares, 23 hileras de escamas dorsales alrededor de la mitad del cuerpo, 196 escamas ventrales y 49 marcas dorsales oscuras en el cuerpo, y fue verificada por Ricardo Palacios Aguilar.

El presente constituye el primer registro verificado de la subespecie (y la especie) en el municipio y la Sierra de



Figure 1. *Leptodeira septentrionalis polysticta* and habitat. A) Individual of *L. s. polysticta*. B) Habitat where the individual was located. Photos: Gustavo Monroy Becerril (A) and Ricardo Abraham Domínguez-Acevedo (B).

Figura 1. *Leptodeira septentrionalis polysticta* y hábitat. A) Individuo de *L. s. polysticta*. B) Hábitat donde fue localizado el individuo. Fotos: Gustavo Monroy Becerril (A) y Ricardo Abraham Domínguez-Acevedo (B).

Taxco, Guerrero. Un individuo de la misma localidad y que probablemente represente al mismo taxón, fue fotografiado por el primer autor del presente estudio (<https://mexico.inaturalist.org/observations/250222791>), pero no fue recolectado. Otro individuo de San Lorenzo Coacalco, Estado de México (<https://www.inaturalist.org/observations/62314041>), parece representar a la subespecie, aunque no se pudo verificar su identidad. Un individuo más de Tejupilco, Estado de México (<https://www.inaturalist.org/observations/17803361>), en las inmediaciones de la Sierra de Taxco, ha sido identificado como *Leptodeira septentrionalis polysticta* en iNaturalist, aunque su origen geográfico, la ausencia de una línea oscura en el área nuchal y la presencia de bandas oscuras que son más largas que anchas son más congruentes con *L. maculata* (Duellman, 1958; Heimes, 2016). Por lo tanto, los registros verificados de *L. septentrionalis* más cercanos al aquí reportado son los de *L. s. polysticta* de Acahizotla (Duellman, 1958) y 62 km al NE (sobre la carretera a Puerto del Gallo) de Atoyac (California Academy of Sciences 144592). Ambas localidades se encuentran en Guerrero y están aproximadamente a 138 km al S (en línea recta) del presente registro. Asimismo, nuestro registro supera marginalmente el intervalo altitudinal previamente reportado para *L. septentrionalis* (0–2,500 m s.n.m) (Antúñez Fonseca et al., 2023; Campbell, 1998; Casas-Andreu et al., 1996; Duellman, 1958; Heimes, 2016).

Es importante destacar que existe un debate sobre la taxonomía de *Leptodeira septentrionalis polysticta*. Algunos autores la clasifican como una especie independiente, *L. polysticta* (Barrio-Amorós, 2019; Campbell, 1998; Heimes, 2016; Wallach et al., 2014). Por otro lado, *L. s. polysticta* ha sido considerada como una subespecie de *L. septentrionalis* (Costa et al., 2022; Duellman, 1958). Nosotros seguimos este esquema taxonómico, ya que *L. s. septentrionalis* se encuentra anidada filogenéticamente dentro de *L. s. polysticta* (Costa et al., 2022). Cabe mencionar que el clado de *L. s. polysticta* del Pacífico podría representar una especie no descrita (Costa et al. 2022; Daza et al., 2009).

Agradecimientos.– Agradecemos a José Luis Román Gómez por su valiosa guía en el campo, a Gustavo Monroy Becerril por permitirnos usar su fotografía del individuo de *Leptodeira*, a Ricardo Palacios Aguilar por corroborar la identificación taxonómica y a Uri Omar García Vázquez por depositar al ejemplar en el MZFM y concedernos una extensión de su permiso de recolecta (FAUT-0246).

LITERATURA CITADA

- Antúñez-Fonseca, C.A., W. Alvarado-Ortíz, O. 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.
- Barrio-Amorós, C.L. 2019. On the taxonomy of snakes in the genus *Leptodeira*, with an emphasis on Costa Rican species. *Reptiles & Amphibians* 26:1-15.
- Campbell, J.A. 1998. *Amphibians and Reptiles of Northern Guatemala, the Yucatan, and Belize*. University of Oklahoma Press, Norman, Oklahoma, USA.
- Casas-Andreu, G., F.R. Méndez-de la Cruz & J.L. Camarillo. 1996. Anfíbios y reptiles de Oaxaca: lista, distribución y conservación. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 69:1-35.
- 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* 5:415-433.
- 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.
- Duellman, W.E. 1958. A monographic study of the colubrid snake genus *Leptodeira*. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 114:1-152.
- Heimes, P. 2016. *Herpetofauna Mexicana Vol. I: Snakes of Mexico*. Edition Chimaira. Frankfurt am Main, Germany.
- Wallach, V., K.L. Williams & J. Boundy. 2014. *Snakes of the world: A Catalogue of Living and Extinct Species*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.



ÁMBITO DE HOGAR DE LA ESPECIE INTRODUCIDA *ANOLIS SAGREI* DUMÉRIL Y BIBRON, 1837 (IGUANIDAE: ANOLINAE) EN PAISAJES CON DIFERENTE INFLUENCIA ANTROPOGÉNICA EN EL OCCIDENTE DE ECUADOR

HOME RANGE OF THE INTRODUCED SPECIES *ANOLIS SAGREI* DUMÉRIL AND BIBRON, 1837 (IGUANIDAE: ANOLINAE) IN LANDSCAPES WITH DIFFERENT ANTHROPOGENIC INFLUENCE IN WESTERN ECUADOR

Kelly G. Mora¹ & Jaime A. Salas^{1,2*}

¹Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Carrera de Biología. Guayaquil, Ecuador.

²Instituto Nacional de Biodiversidad. Quito, Ecuador.

*Correspondence E-mail: jaime.salasz@ug.edu.ec

Received: 2024-09-23. Accepted: 2025-03-11. Published: 2025-06-12.

Editor: Ricardo Montero, Argentina.

Abstract.— The home range (HR) is a useful tool for prediction and managing invasive species, such as *Anolis sagrei*, a species recently introduced in Ecuador. Our main objective was to estimate the HR of this species in two areas with contrasting landscape and anthropogenic disturbance in Guayas province (Ecuador): Parque Histórico, which includes forest remnants, and Malecón 2000, an urban park. During July to November 2018 (dry season), and January and February 2019 (rainy season), we captured, measured, marked, georeferenced and released several individuals of *A. sagrei* for later relocation. We performed HR by convex polygon method, and used the U Mann-Whitney test to determine significant differences in HR size between the study areas, seasons, and stages (adult males and juveniles). In addition, we assessed the association between HR with the environmental and morphological variables using the Spearman correlation coefficient. Our main results showed significant differences between Parque Histórico (13.6 m²) and Malecón 2000 (24.8 m²; $W = 789$, $p = 0.019$), as well as between these sites during the dry season between localities (Parque Histórico = 11.77 m², Malecón 2000 = 32.9 m²; $W = 160$, $p = 0.0188$). HR size was significant with relative humidity ($Rho = 0.61$; $p = 0.01$) and temperature ($Rho = -0.55$; $p = 0.02$) in the rainy season. This study provides the first estimate of the HR of *Anolis sagrei* in the wild outside its native range, as previous estimates were limited to controlled environments and its native distribution. We recommend analysing additional variables (e.g., food, shelter availability, vegetation cover) and incorporating techniques as telemetry or electronic tagging to monitor individual movements and population densities.

Keywords.— Brown anole, environmental correlation, Guayaquil, morphometry, relocation.

Resumen.— El ámbito de hogar (AH) es una útil herramienta para la predicción y control en especies invasoras, como es el caso de *Anolis sagrei*, una especie recientemente introducida en Ecuador. Este trabajo tuvo como objetivo estimar el AH de esta especie en dos áreas con distinto paisaje antropogénico en la provincia del Guayas (Ecuador): Parque Histórico, con remanentes de vegetación natural, y Malecón 2000, un parque urbano. Los muestreos se realizaron desde julio a noviembre de 2018 (temporada seca), y en enero y febrero de 2019 (temporada lluviosa), donde se marcaron y georeferenciaron los ejemplares capturados. Además, se tomaron medidas de peso, longitud rostro-cloaca, para luego ser liberados en su sitio de captura. Usamos el método del polígono convexo para la estimación de AH, y una prueba U de Mann-Whitney para determinar diferencias significativas en cuanto al tamaño del AH entre las áreas de estudio, temporadas climáticas y estadios (machos adultos y juveniles). Además, estimamos la asociación entre la AH con variables ambientales y morfométricas utilizando el coeficiente de Correlación de Spearman. Entre nuestros principales hallazgos, determinamos diferencias significativa entre Parque Histórico (13.6 m²) y Malecón 2000 (24.8 m²; $W = 789$, $p = 0.019$), y en la temporada seca entre localidades (Parque Histórico = 11.77 m², Malecón 2000 = 32.9 m²; $W = 160$, $p = 0.0188$), así como con la humedad relativa ($Rho = 0.61$; $p = 0.01$) y la temperatura ($Rho = -0.55$; $p = 0.02$) en la temporada lluviosa. Este trabajo es una primera estimación del ámbito hogareño de *A. sagrei* en ambientes no nativos, pues previamente sólo se cuenta con estimaciones en ambientes

controlados y en su área de distribución original. En este contexto, es recomendable realizar monitoreos de los desplazamientos y densidades de estos individuos, mediante otras técnicas como telemetría o marcas electrónicas.

Palabras clave.— *Anolis* café, correlación ambiental, morfometría, Guayaquil, relocalización.

INTRODUCCIÓN

El anolis café *Anolis sagrei* es una lagartija de hábito tronco-suelo (“trunk-ground species”) (Schoener & Schoener, 1980, 1982; Losos, 1990), y es considerado como un depredador diurno generalista (Norval et al., 2010, 2012; Tan & Lim, 2012; Johnson et al., 2021). Esta especie presenta un marcado dimorfismo sexual en cuanto a tamaño corporal, pues los machos son significativamente más grandes que las hembras, con una longitud hocico-cloaca (LHC) promedio de 50-60 mm, mientras que las hembras suelen medir entre 35-45 mm; por otro lado, los machos también tienen cabezas proporcionalmente más grandes, lo que puede estar relacionado con funciones reproductivas y comportamientos agresivos (Calsbeek & Marnocha, 2006). En cuanto a su coloración y ornamentación, los machos presentan gulas más grandes y vistosas de color rojo brillante con bordes amarillos, mientras que, en las hembras, presentan una gula es pequeña y menos evidente, con colores apagados; también pueden diferenciarse por sus patrones dorsales: los machos muestran patrones más variables (manchas, líneas, o un patrón reticulado) que las hembras, que suelen presentar una línea dorsal distintiva (Ayala-Varela & Pazmiño-Otamendi, 2020).

Anolis sagrei también evidencia diferencias morfométricas y comportamentales entre sus estadios, pues los juveniles pueden alcanzar una LHC de 20-30 mm, poseen gulas pequeñas y funcionalmente limitadas, además de baja frecuencia de interacciones territoriales o de cortejo; mientras que los subadultos alcanzan una LHC: 30-45 mm, y muestran un visible incremento en el desarrollo de la gula, aunque todavía limitada para interacciones sociales, y patrones de coloración más definidos en machos en comparación con hembras. En adultos, los machos alcanzan una LHC de 50-60 mm y las hembras de 35-45 mm, con los machos presentando una gula plenamente desarrollada que puede alcanzar hasta un 50% de la longitud corporal en estado de máxima extensión (Lee et al., 1989; Calsbeek & Marnocha, 2006; Anich et al., 2009; Flanagan & Bevier, 2014).

La extensión de la gula es un comportamiento clave en *A. sagrei* para las funciones relacionadas con la comunicación intraespecífica, pues los machos la usan para establecer dominio territorial, y disuadir competidores por las perchas, alimentación o reproducción (Tokarz et al., 2005). Básicamente,

la lagartija mueve su cabeza para hacer despliegues de la gula, así como del cuerpo; cuando se trata de cortejo, esta gula es extendida repetidamente mientras se acercan a las hembras, con movimientos combinados de flexión (Tokarz et al., 2005; Delaney & Warner, 2017). Esta especie es nativa de las Bahamas y Cuba, pero su alta adaptabilidad, capacidad de reproducción continua y éxito colonizador, la catalogan como invasora (Norval et al., 2002, 2010, 2012; Kolbe et al., 2004; Powell & Henderson, 2012; Edwards & Lailvaux, 2012; Adams et al., 2014; Basset, 2022). Se ha documentado su impacto negativo sobre el comportamiento de especies nativas en los sitios donde ha sido introducida (Johnson et al., 2021; Bush et al., 2022).

En Ecuador, las primeras observaciones de *A. sagrei* ocurrieron en 2015, con avistamientos y colectas de varios individuos machos, hembras, juveniles y neonatos, en dos parques urbanos de las ciudades de Guayaquil y Samborombón en la provincia del Guayas (Amador et al., 2017). Este reporte constituye una expansión notable, pues previamente *A. sagrei* había sido reportada como exótica en América del Norte, Centro América, en algunas islas del Pacífico y en Taiwán (Norval et al., 2002; Tan & Lim, 2012; Adams et al., 2014; Johnson et al., 2021; Antúñez-Fonseca et al., 2022). Es plausible creer que *A. sagrei* podría estar compitiendo por espacio de forrajeo o alimento con otros saurios nativos que han sido reportados en áreas urbanas de Guayaquil, como *Gonatodes caudicustatus*, *Stenocercus iridescens* y *Holcosus septemlineata* (Amador, 2015), pues este comportamiento ya se ha registrado en otras localidades donde también ha sido introducida (Edwards & Lailvaux, 2012; Bush et al., 2022). Esta especie exótica realiza una estrategia de forrajeo oportunista, y se ha reportado que consume mayoritariamente artrópodos de los órdenes Coleoptera, Araneae, Hymenoptera, mostrando preferencia por hormigas (*Solenopsis*: Myrmicinae; *Camponotus*: Formicinae) en hábitats urbanos en Guayaquil y localidades cercanas, así como vertebrados (Fig. 1B), e incluso llegar al canibalismo (Narváez et al., 2020).

Por lo antes expuesto, es necesario evaluar la capacidad expansiva de esta especie en las áreas donde se ha reportado como exótica, por lo que la evaluación de su ámbito de hogar puede ser muy útil. El ámbito de hogar (AH), también conocido como área de vida o ámbito hogareño, es el espacio completo

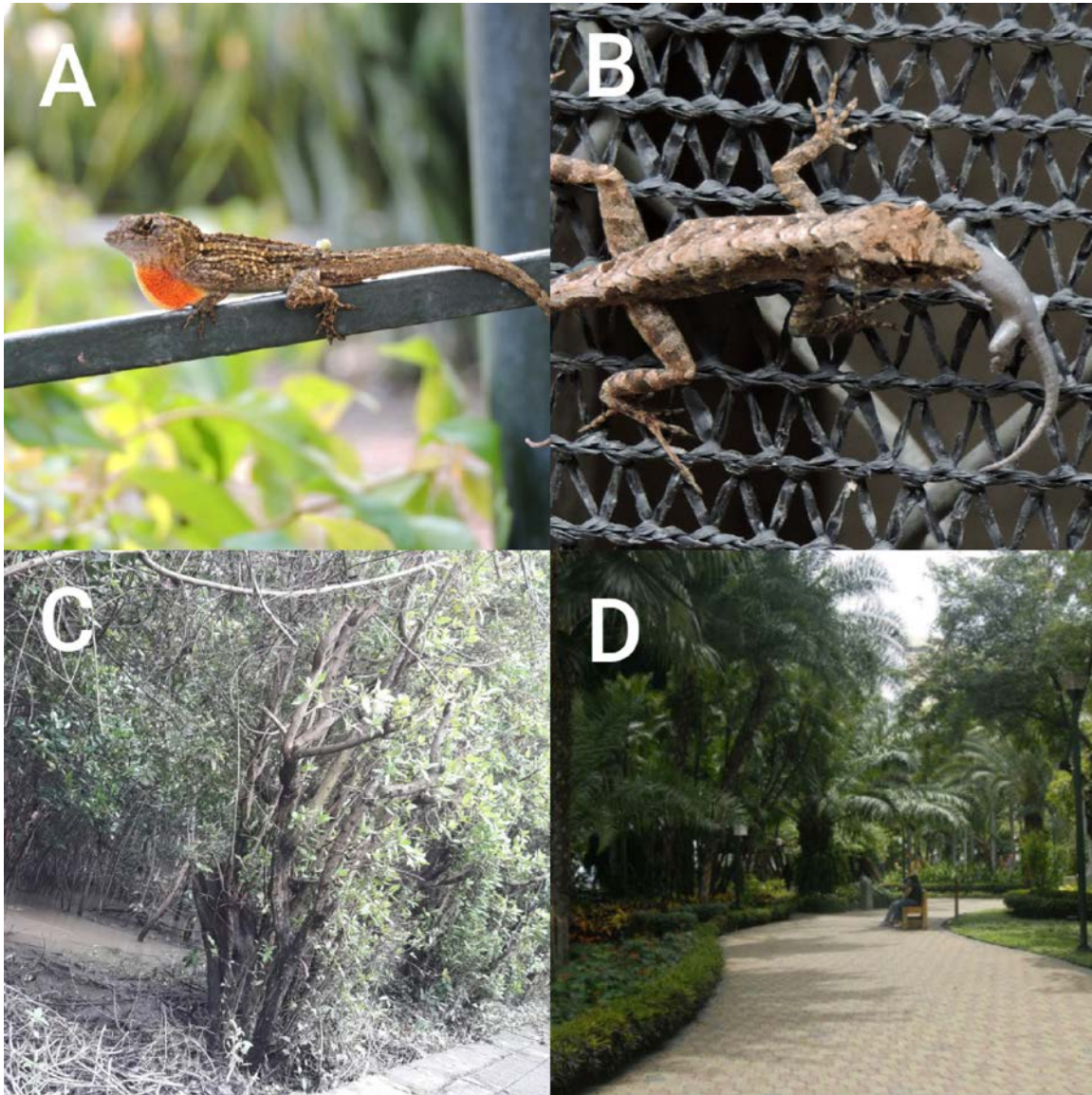


Figure 1. Behaviour record of two *Anolis sagrei*: A) male in dewlap display, B) individual preying on an Asian gecko (*Hemidactylus* sp.). Overview of study areas in Western Ecuador: C) mangrove flood area in Parque Histórico, D) Jardines del Malecón 2000. Fotos: Kelly G. Mora.

Figura 1. Registro conductual de dos *Anolis sagrei*: A) macho en exhibición de pliegue gular, B) individuo depredando a una salamandesa asiática (*Hemidactylus* sp.). Vista general de las localidades de estudio en el occidente de Ecuador: C) área inundable de manglar en Parque Histórico de Guayaquil, D) Jardines del Malecón 2000. Photos: Kelly G. Mora.

ocupado por un individuo para actividades normales de vida como obtención de alimentos, refugio, reproducción (Burt, 1943; Rose, 1982), en condiciones térmicas adecuadas (Verwajen & Damme, 2008). El tamaño del AH está fuertemente influenciado por el tamaño corporal del individuo, nivel trófico y densidad poblacional de una especie (Rose, 1982; Nicholson & Richards, 2011), lo que puede generar áreas de vida amplias o estrechas, o solapamientos de espacio (Nicholson & Richards, 2011; Morales-Ordoñez & Salas, 2016; Ruiz et al., 2017; Cuasapaz-

Sarabia & Salas, 2019). Los estudios del AH en lagartijas han permitido conocer los requerimientos de su espacio vital, y han tenido implicaciones valiosas para entender la ecología de especies amenazadas y mejorar sus estrategias de conservación (Hernández-Gallegos et al., 2015). Sin embargo, los estudios publicados en esta temática a nivel de Sudamérica son escasos (Frutos & Belver, 2007; Kacoliris et al., 2009; Robles & Halloy, 2009; Cabrera & Scrocci, 2012; Morales-Ordoñez & Salas, 2016; Ruiz et al., 2017; Guerrero-Aravena & Vallejos-Garrido, 2022),

destacando que el ámbito de hogar de *Anolis sagrei* sólo ha sido estimado en ambientes controlados experimentalmente en Norteamérica (Bush et al., 2022), desconociéndose el tamaño que podría alcanzar en hábitats naturales donde ha sido introducida. Debido a las marcadas estacionalidades climáticas en Ecuador, su AH podría ser altamente variable, especialmente entre áreas con diferentes niveles de influencia antropogénica; además, esta variabilidad puede estar influida por factores biológicos o morfométricos, como el tamaño del individuo y el sexo (Christian & Waldschmidt, 1984; Perry & Garland, 2002; Verwaijen & Damme, 2008; Edwards & Lailvaux, 2012; Passos et al., 2015; Stehle et al., 2017).

Teniendo en cuenta estos antecedentes, es necesario conocer el tamaño de áreas de vida, patrones de movimiento, uso de hábitat y el comportamiento estacional de *Anolis sagrei* (Anich et al., 2009; Ruiz et al., 2017), con el fin de tener herramientas para predecir, control y prevenir su expansión a nuevas áreas en Ecuador (Ayala-Varela & Pazmiño-Otamendi, 2020). El objetivo general de este trabajo fue estimar el ámbito de hogar (m²) de *Anolis sagrei* en dos zonas con distintos niveles de intervención antropogénica, y determinar qué variables que pueden influir sobre el tamaño del AH; los objetivos específicos fueron determinar posibles diferencias en el AH por variables climáticas, estadios reproductivos (adulto/juvenil, macho/hembra) y variables morfológicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio.

Este trabajo se desarrolló en dos localidades en la provincia del Guayas, en el occidente de Ecuador:

Parque Histórico (2°08' S; 79°52' W), en la ciudad de Samborombón, asentado en el margen izquierdo a orillas del río Daule, donde *Anolis sagrei* fue registrada por primera vez (Fig. 1a, b; Amador et al., 2017). Este sitio abarca una extensión de ocho hectáreas, divididas en tres zonas: (1) una zona urbano-arquitectónica, (2) una zona de tradiciones, ambas dedicadas a exponer la historia de la antigua Provincia de Guayaquil, y (3) una zona de vida silvestre que incluye áreas específicas para la observación de flora y fauna (Torres & Man-Ging, 2014; Molina-Moreira et al., 2022). La zona de vida silvestre abarca aproximadamente 3.5 ha y presenta un paisaje boscoso intervenido, con la presencia de diversas especies vegetales introducidas (Crassulaceae: *Kalanchoe* spp.; Combretaceae: *Terminalia capatta*; Anacardiaceae: *Manguifera indica*; Fabaceae: *Delonix regia*, *Tamarindus indica*), en medio de un ecosistema de matorral espinoso litoral con especies de suculentas

(Euphorbiaceae: *Jatropha nudicaulis*; Cactaceae: *Opuntia* spp., *Armatocereus cartwrightianus*), así como vegetación xerofíticas dispersa (Mimosaceae: *Prosopis juliflora*, *Albizia guachapeli*, *Caesalpinia glabrata*; Theophrastaceae: *Jacquinia sprucei*), varias especies arbóreas típicas de bosque seco (Fabaceae: *Centrolobium ochroxylum*, *Cynometra bauhinifolia*, *Zygia latifolia*, *Piscidia carthagenensis*; Malvaceae: *Pseudobombax millei*, *Ceiba trichistandra*; Bignoniaceae: *Handroanthus chrysanthus*) (Bermúdez-Martínez & Molina-Moreira, 2017; Molina-Moreira et al., 2022), y manglares (*Rhizophora mangle*, *Rhizophora x harrisonii*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus*) (Cusme-Valdez, 2017) (Fig. 1c).

Malecón 2000 (2°11' S; 79°52' W) en el centro de la ciudad de Guayaquil, al pie del río Guayas, tiene una extensión de 250 ha, con diversas áreas de recreación basado en diseños arquitectónicos y urbanísticos. En su interior, existe un área denominada Jardines de Malecón, de 2.2 ha, con una laguna artificial en su interior, atravesada por senderos peatonales adaptados a la vegetación arbórea. Esta zona está conformada por algunos individuos dispersos de especies arbóreas como cactus (Cactaceae: *Opuntia* spp.), palmas cycas (Cycadeaceae: *Cycas circinalis*), palma del viajero (Arecaceae: *Ravenala madagascariensis*), laurel ornamental (Apocynaceae: *Nerium olander*), y diversas herbáceas introducidas usadas como ornamentales: anturios, begonias, bouganvilias, bromelias, helechos arbóreos, heliconias, lantanas, entre otras (Loja-Santos et al., 2012). Esta zona mantiene una baja densidad arbórea, en medio de una zona altamente urbanizada (Fig. 1d).

Fase de campo

Los muestreos se realizaron durante la temporada seca, desde julio hasta septiembre de 2018 en el Parque Histórico, y desde octubre a noviembre del mismo año en Malecón 2000 (Fig. 2). En la temporada lluviosa, se muestrearon los meses de enero en el Malecón 2000, y en febrero en el Parque Histórico del año 2019. Los muestreos fueron al azar, y se realizaron en horario matutino entre las 09:00 -14:00 h (Frutos & Beller, 2007) (Autorización de investigación científica N° 021-2018-IC-FLO/FAU-DPAG/MAE otorgada por el Ministerio de Ambiente de Ecuador).

Los individuos fueron capturados con la técnica de lazo corredizo y red manual (Perovic et al., 2008; Morales-Ordoñez & Salas, 2016), diferenciándolos por su tamaño (longitud rostro-cloaca ≤ 34 mm) en estadios como jóvenes y adultos (Lee et al., 1989; Delaney & Warner, 2017), y entre sexos, por la presencia del pliegue gular que es típico en machos (Ayala-Varela & Pazmiño-Otamendi, 2020). A los individuos capturados se les tomaron las siguientes medidas morfométricas (mm): longitud total (LT), longitud hocico-cloaca (LHC), ancho tórax (AT), longitud cola

(LC) y peso (P) en gramos. En el caso de aquellos individuos que presentaron cola autotomizada, las variables longitud total y longitud cola no fueron incluidas en los análisis estadísticos.

Para diferenciar a los individuos capturados durante las recapturas, utilizamos el método descrito por Fisher & Muth (1989), que consiste en suturar una chaquirita de diferente color en la base de la cola de cada individuo, empleando hilo quirúrgico (Galdino et al., 2014; Morales-Ordoñez & Salas, 2016). Además, cada captura fue georreferenciada, y posteriormente los individuos fueron liberados *in situ*.

Estimación del ámbito de hogar

La estimación del AH se realizó mediante el método del polígono convexo, que consiste en el cálculo del área de este polígono con un conjunto de coordenadas que encierra todas las reubicaciones del individuo con ángulos internos menores a 180 grados (Rose, 1982), permitiendo conocer el área utilizada por los individuos estudiados. Esta técnica es recomendada para lagartijas debido a la facilidad de graficar (Christian & Waldschmidt, 1984; Row & Blouin-Demers, 2006; Frutos & Belver, 2007; Passos et al., 2015), además que provee una proyección bidimensional, la cual

refleja adecuadamente el tamaño y la superposición dentro del área de distribución intraespecífica, lo cual es ideal para nuestra especie dado que es tanto arborícola como de suelo (Schoener & Schoener, 1982). El AH se calculó con base en los polígonos formados con un mínimo de tres relocalizaciones (Wone & Beauchamp, 2003), y con ángulos mayores a 20° para no incluir polígonos de formas atípicas, es decir, de tamaño muy reducidas (Cuasapaz-Sarabia & Salas, 2019). El área de cada polígono (m²) fue calculado en el software QGIS 2.14 Essen (QGIS, 2016).

Análisis de datos

El supuesto de normalidad en los tamaños de los AH se contrastó mediante la prueba de Ryan-Joiner (Parque Histórico [R] = 0.88 $p = 0.10$; Malecón 2000 [R] = 0.95 $p = 0.010$), la cual fue rechazada, y se optó por un análisis de pruebas no paramétricas. El AH se expresó en mediana (Me), y rango intercuartil (RIQ); para determinar diferencias significativas en los tamaños de AH entre Parque Histórico y Malecón 2000, entre estacionalidad climática (seca y lluviosa) de cada área de estudio, así como entre adultos o juveniles, usamos la prueba de U Mann-Whitney, con un nivel de significancia de 0.05.

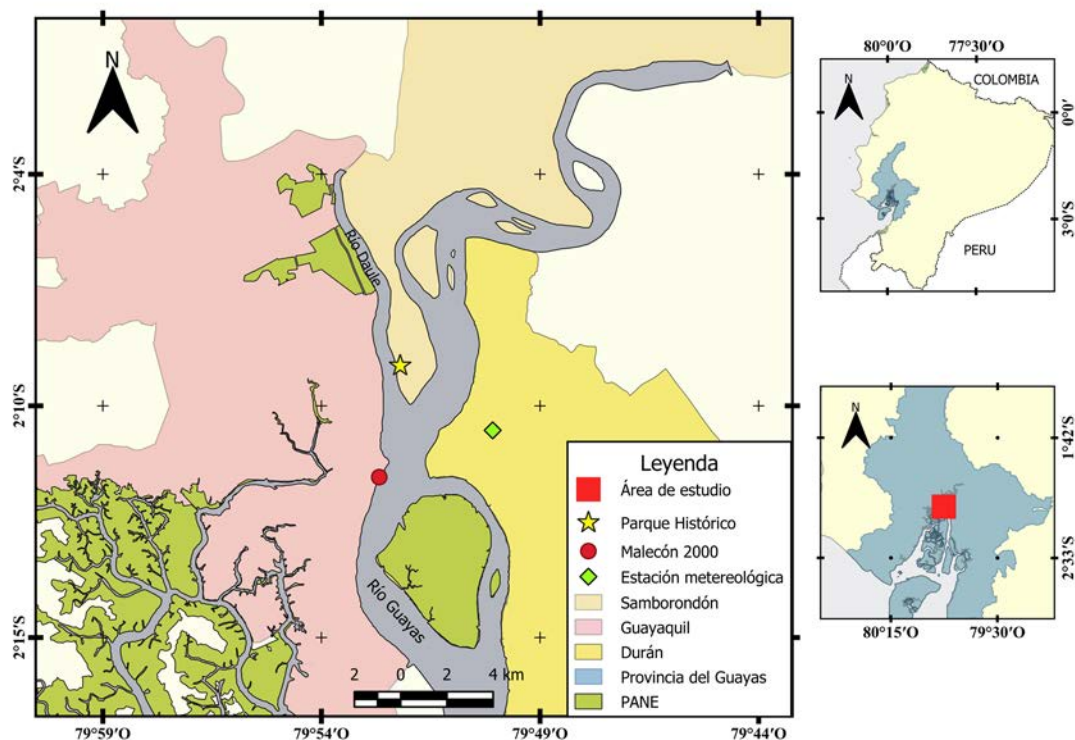


Figure 2. Geographic location of the study locations in the province of Guayas, western Ecuador, between July 2018 to February 2019: Parque Histórico (yellow star) in the city of Samborondón, and Jardines del Malecón 2000 (red circle) in the city of Guayaquil. PANE corresponds to the acronym (in Spanish) for Natural Areas Heritage of the State.

Figura 2. Ubicación geográfica de las localidades de estudio en la provincia del Guayas, Occidente de Ecuador, durante julio 2018 a febrero 2019: Parque Histórico (estrella amarilla) en la ciudad de Samborondón, y Jardines del Malecón 2000 (círculo rojo) en la ciudad de Guayaquil. PANE corresponde a las siglas de Patrimonio de Áreas Naturales del Estado.

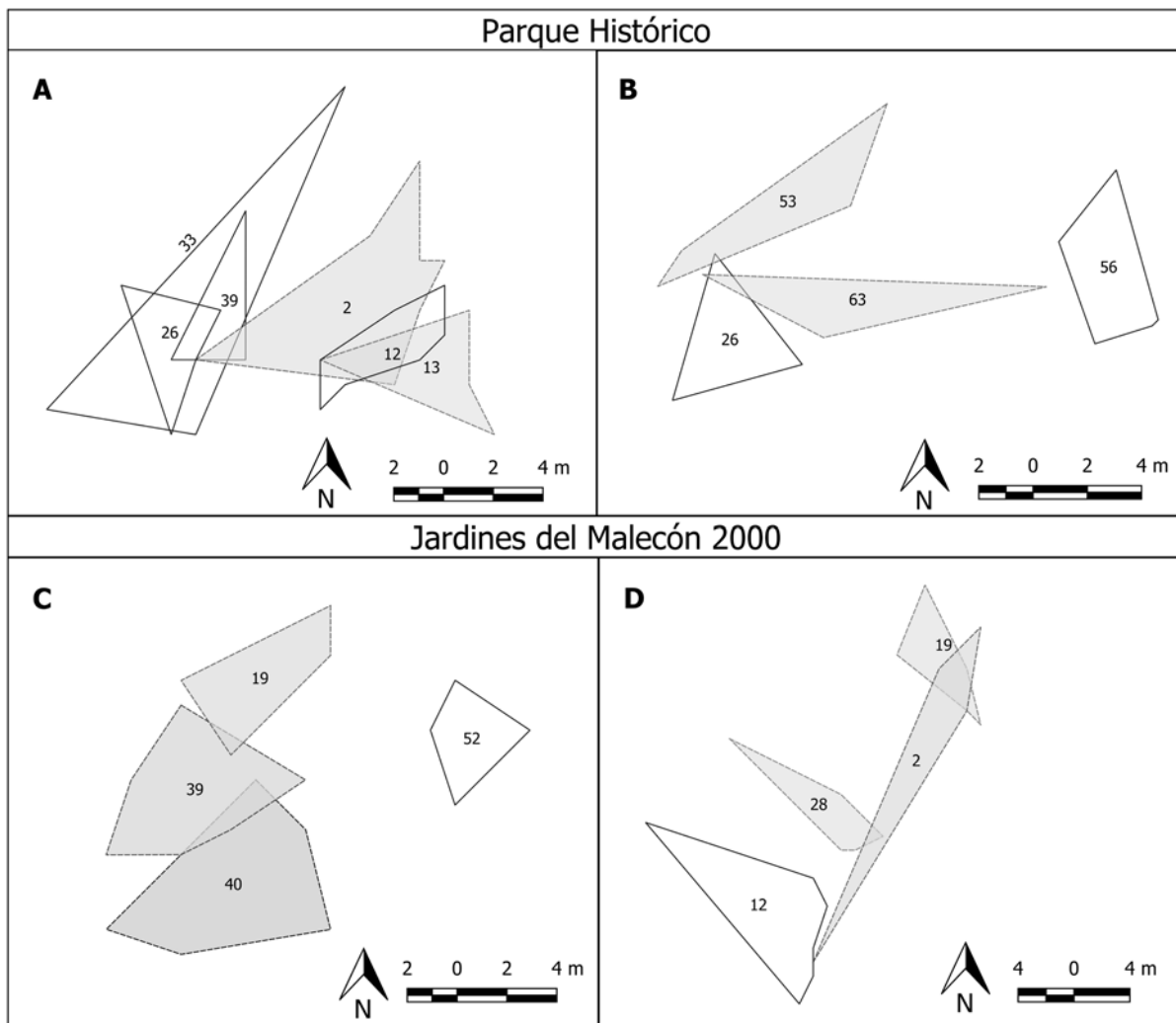


Figure 3. Home range polygons of the Brown anolis (*Anolis sagrei*) in landscapes with different anthropogenic influence in Guayas Province, Western Ecuador: A and C correspond to the dry season (between July to November 2018), B and D correspond to the rainy season (between January and February 2019). The Arabic numbers correspond to the field codes of the marked individuals; the grey polygons indicate juvenile, and the white polygons indicate adult males.

Figura 3. Polígonos de ámbito de hogar de *Anolis sagrei* en paisajes con diferente influencia antropogénica en la provincia del Guayas, Occidente de Ecuador: A y C corresponden a la temporada seca (julio a noviembre de 2018), B y D corresponden a la temporada lluviosa (enero y febrero de 2019). Los números corresponden a los códigos de campo de los individuos marcados; los polígonos grises señalan juveniles, mientras que los polígonos blancos a machos adultos.

El grado de asociación entre el AH con las variables ambientales [radiación solar (W/m^2), temperatura ($^{\circ}C$), humedad (%), disponibilidad de luz (%)], y morfológicas [longitud rostro-cloaca (mm), ancho-tórax (mm) y peso (g)] fue analizado mediante la prueba no paramétrica de correlación de Spearman (Rho), con un nivel de significancia de 0.05. Las variables ambientales consideradas fueron proporcionadas por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología de Ecuador (INAMHI) de la estación meteorológica ubicada en la ciudad de

Durán, a 4.26 Km aproximadamente de distancia de las áreas de estudio (Fig. 2). Adicionamos la variable disponibilidad de luz, que se obtuvo mediante fotografías digitales, tomadas in situ alrededor del AH de cada individuo, con una cámara Nikon P600 con un ángulo 180° con un objetivo ojo de pez, para posteriormente ser ingresadas al programa Imagen J (Valladares, 2006). Todos los análisis estadísticos se realizaron en el programa Minitab (Minitab, 2018).

RESULTADOS

Durante el estudio se marcaron un total de 137 individuos (machos = 132; hembras = 5), de los cuales 37 individuos se observaron solo una vez y 22 individuos tuvieron dos recapturas. Dado que estos 59 individuos no cumplieron con el número mínimo de recapturas, no se incluyeron en los análisis; tampoco se consideraron los resultados de 15 individuos (machos = 10; hembras = 5) que presentaron polígonos con formas atípicas, con ángulos menores de 20° . Por lo tanto, realizamos la estimación de los ámbitos de hogar en base a los polígonos de 63 individuos de *Anolis sagrei* (35 machos adultos y 28 juveniles) en las dos áreas de estudio, las cuales se detallan a continuación.

Parque Histórico

Durante la temporada seca se observó el solapamiento entre los polígonos de juveniles #2 y #13, y los machos adultos #12, #26,

#33, #39 (Fig. 3A); mientras que en temporada lluviosa apenas se observó un solapamiento entre el juvenil #63 y el macho adulto #26 (Fig. 3B). El tamaño de AH en la temporada seca fue 11.7 m^2 (RIQ = 21.2; $n = 14$), mientras que en la temporada lluviosa fue 14.01 m^2 (RIQ = 8.1; $n = 16$) (Fig. 4A), y no presentaron diferencias significativas entre sí ($W = 210$; $p = 0.5193$). El AH total en Parque Histórico (temporada seca y lluviosa) fue de 13.6 m^2 (RIQ = 11.5; $n = 30$) (Fig. 4C).

Jardines del Malecón 2000.

Durante la temporada seca se observaron solapamientos entre los juveniles #19, #39 y #40 (Fig. 3C); durante la temporada lluviosa existieron solapamientos entre los juveniles #2, #19 y #28, notándose además que el juvenil #2 respeta el área del macho adulto #12, pues levemente bordea el perímetro su polígono de área de vida (Fig. 3D). El AH en la temporada seca fue 32.9 m^2 (RIQ = 28.5; $n = 16$), y en la temporada lluviosa fue 16.2 m^2

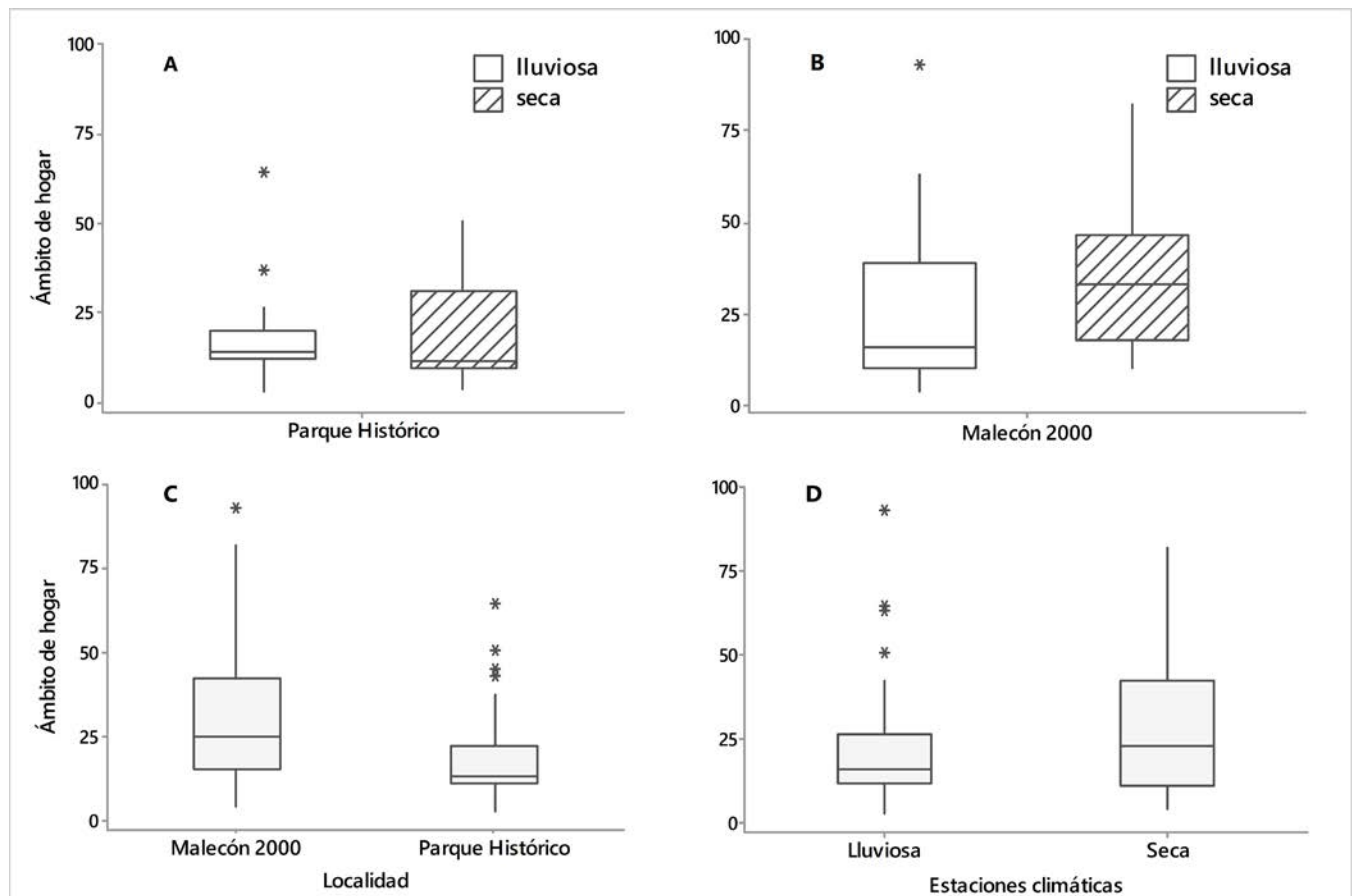


Figure 4. Home range (m^2) of *Anolis sagrei* in landscapes with different anthropogenic influence in Guayas province, Western Ecuador (Dry season: July to November 2018; rainy season: January and February 2019): Parque Histórico (A), Jardines del Malecón 2000 (B); Total general values by locality (C), and by climatic seasons (D).

Figure 4. Ámbitos de hogar (m^2) de *Anolis sagrei* en paisajes con diferente influencia antropogénica en la provincia del Guayas, Occidente de Ecuador (temporada seca: julio a noviembre de 2018; temporada lluviosa: enero y febrero de 2019): Parque Histórico (A), Jardines del Malecón 2000 (B); área por localidades (C), y área por temporalidad climática (D).

Table 1. Spearman correlation between the home range of *Anolis sagrei*, morphometric variables and environmental parameters in two areas with different anthropogenic influence in the Guayas province, western Ecuador, during the dry season (July to November 2018), and the rainy season (January and February 2019). Significant values are shown in bold.

Tabla 1. Correlación de Spearman entre el ámbito de hogar de *Anolis sagrei*, las variables morfométricas y parámetros ambientales en las dos áreas con distintos niveles de influencia antropogénica en la provincia del Guayas, Occidente de Ecuador, durante la temporada seca (julio a noviembre de 2018), y la temporada lluviosa (enero y febrero de 2019). Los valores significativos se muestran en negrita.

Variables	Malecón 2000				Parque Histórico			
	Seca (n=16)		Lluviosa (n=17)		Seca (n=14)		Lluviosa (n=16)	
	Coefficiente de correlación (Rho)	p valor	Coefficiente de correlación (Rho)	p valor	Coefficiente de correlación (Rho)	p valor	Coefficiente de correlación (Rho)	p valor
Temperatura	-0.29	0.26	-0.19	0.45	-0.23	0.41	-0.55	0.02
Disponibilidad de luz	-0.11	0.66	0	0.98	-0.11	0.68	-0.17	0.51
Humedad relativa	0	1	0.09	0.71	-0.14	0.62	0.61	0.01
Radiación solar	-0.33	0.2	0.42	0.08	0.32	0.25	-0.04	0.87
Peso	-0.04	0.86	0.26	0.3	-0.44	0.1	-0.24	0.36
Ancho tórax	0.03	0.88	0.35	0.16	-0.46	0.09	-0.04	0.86
Longitud rostro-cloaca	-0.01	0.95	0.44	0.07	-0.33	0.23	-0.02	0.92

(RIQ = 28.7; n = 17) (Fig. 4B), y tampoco registraron diferencias significativas entre sí ($W = 313$; $p = 0.1444$). El área de vida total en Malecón 2000 (temporada seca y lluviosa) fue 24.8 m² (RIQ = 27.4; n = 33) (Fig. 4C).

En general, los AH totales entre Parque Histórico (13.6 m²) y Malecón 2000 (24.8 m²) (Fig. 4C) sí mostraron diferencias significativas ($W = 789$, $p = 0.019$). En cuanto a la estacionalidad, los tamaños de AH en la temporada seca entre Parque Histórico (11.7 m²) y Malecón 2000 (32.9 m²) también mostraron diferencias ($W = 160$, $p = 0.0188$), mientras que los resultados no fueron significativamente diferentes ($W = 252$, $p = 0.4823$). Por otro lado, el AH total (Parque Histórico + Malecón 2000) de *A. sagrei* en la temporada seca fue 22.75 m² (RIQ = 31.1; n = 30), mientras que en la temporada lluviosa fue 16.3 m² (RIQ = 15.03; n = 33) (Fig. 4D), donde no se presentaron diferencias ($W = 1037$, $p = 0.29$). Finalmente, el AH (incluye ambas localidades y estaciones climáticas) de juveniles fue de 16.2 m² (RIQ = 20.1; AH mínimo = 4 m², AH máximo = 82.18 m²; n = 28) y en machos adultos de 16.4 m² (RIQ = 29.1; AH mínimo = 3.2 m², AH máx = 93 m²; n = 35), y tampoco presentaron diferencias significativas ($W = 899$, $p = 0.97$).

Por último, en Parque Histórico no determinamos relaciones significativas entre el AH y las variables seleccionadas durante la temporada seca, pero sí en la temporada lluviosa, donde se halló una correlación alta y directa con la humedad relativa (Rho

= 0.61; $p = 0.01$), y una correlación moderada e inversa con la temperatura ($Rho = -0.55$; $p = 0.02$); tampoco hallamos relaciones significativas entre el AH y las variables seleccionadas en el Malecón 2000 en alguna de las temporadas climáticas (Tabla 1).

DISCUSIÓN

Hasta donde se conoce, el presente trabajo es el primero que estima el ámbito hogareño de *A. sagrei* en ambientes silvestres fuera de su área de distribución nativa, pues previamente sólo se conoce su tamaño de ámbito de hogar en ambientes controlados y en su área de distribución original (Schoener & Schoener, 1980; Bush et al., 2022). Uno de los resultados más destacados de nuestro estudio fue la determinación de diferencias significativas en los ámbitos de hogar de *A. sagrei* entre las distintas localidades evaluadas, demostrando la capacidad de adaptación de esta especie en ambientes fuera de su distribución original (Norval et al., 2010; Tan & Lim, 2012; Johnson et al., 2021).

Estas variaciones sugieren que factores específicos de cada localidad, como la disponibilidad de refugios, alimentos o el grado de intervención antrópica influyen en el ámbito de hogar de la especie (Perry & Garland, 2002; Stehle et al., 2017; Chejanovski et al., 2022). Por ejemplo, Parque Histórico presentó una zona de manglar inundada colindante al área de estudio, que actuó como una barrera natural para las lagartijas, reduciendo el espacio disponible para los individuos, provocando ámbitos de

hogar pequeños, y en ocasiones, solapamientos entre adultos y jóvenes. Esto último contrasta con estudios previos que señalan que los machos adultos de esta especie defienden enérgicamente su territorio, y realizan sus exhibiciones con el pliegue gular desplazando a individuos jóvenes a perchas de menor preferencia o incluso a otros microhábitats (Tokarz, 1985; Tokarz et al., 2005; Calsbeek & Marnocha, 2006; Delaney & Warner, 2017).

Por el contrario, en el área más urbanizada (Malecón 2000) sí se observa esta tendencia de territorialidad entre machos adultos, probablemente debido a que pueden realizar despliegues más óptimos y frecuentes de su gula en ambientes urbanizados que en ambientes naturales (Stroud et al., 2019), para ser seleccionados por las hembras, sin tener alguna preferencia en la calidad del hábitat (Flanagan & Bevier, 2014), demostrando su adaptabilidad en ecosistemas sinantrópicos. Complementariamente, existen reportes que señalan que los juveniles ven como una amenaza a los machos adultos por competencia o canibalismo (Delaney & Warner, 2017), lo que explicaría por qué los juveniles evitan a los machos adultos en esta área. En este sentido, es posible que Malecón 2000, por ser un área más antropizada, presenta una mayor oferta de sitios de perchas, especialmente para juveniles, favoreciendo su protección de los machos adultos, y explicaría la baja recaptura de individuos juveniles durante el estudio (Battles et al., 2018).

En cuanto a la estacionalidad, el tamaño de AH de *A. sagrei* mostró diferencias entre las localidades de estudio entre la temporada seca, siendo mayor en Malecón 2000. De acuerdo con Bush et al., (2022), la actividad de *A. sagrei* disminuye marcadamente durante la lluvia, lo cual explicaría este comportamiento, además de la barrera natural de los manglares de Parque Histórico, que limitaron su expansión (Battles et al., 2018). En cuanto a las variables morfométricas, en Malecón 2000 no se observaron que influyeran en el tamaño del ámbito de hogar; sin embargo, Tokarz (1985) menciona que machos más grandes son más exitosos que los pequeños para adquirir perchas de preferencia, y estudios previos en señalan que individuos más grandes requieren ámbitos de hogar más grandes para satisfacer su requerimiento energético (Schoener & Schoener, 1982; Christian & Waldschmidt, 1984; Tokarz, 1985). Este patrón en relación al tamaño es observado en otras lagartijas de la familia Teiidae, como *Liolaemus koslowskyi* (Frutos & Belver, 2007) y *Aspidoscelis cozumela* (Hernández-Gallegos et al., 2015).

En próximos estudios, es recomendable incluir nuevas variables morfológicas, como tamaño de la papada, longitud de extremidades anteriores y posteriores, ancho de lamelas del 4° dedo del pie, y la biomasa (peso) para evaluar mejor estas

posibles relaciones, así como características relacionadas a las perchas, como el ancho y la altura. De acuerdo con Cuasapaz-Sarabia & Salas (2019), deben añadirse nuevas variables a los análisis cuando no se obtiene una relación significativa entre las variables seleccionadas, por lo que sería muy recomendable incluir la disponibilidad de alimento y refugio, así como cobertura vegetal, las cuales se conoce tienen influencia en *A. sagrei*, por su marcada influencia estacional (Perry & Garland, 2002; Stehle et al., 2017; Narváez et al., 2020; Chejanovski et al., 2022). Es necesario recordar que varios polígonos fueron excluidos a pesar de presentar tres relocalizaciones, porque presentaron formas atípicas a los que se han reportado previamente a la especie (Schoener & Schoener, 1982).

Por lo antes dicho, es recomendable reforzar próximos monitoreos de esta especie, incluyendo nuevas variables e implementar otras técnicas como telemetría o marcas electrónicas para monitoreos de los desplazamientos de individuos en el estrato arbóreo, así como determinar sus densidades poblacionales (Kie et al., 2010; Lobos et al., 2013). También es necesario evaluar potenciales solapamientos espaciales y tróficos que puedan representar una amenaza para otros saurios en las áreas donde están cohabitando, como por ejemplo *Stenocercus iridescens* (Morales-Ordoñez & Salas, 2016; Stroud et al., 2017; Cruz-García et al., 2023).

Agradecimientos.– Este trabajo se realizó bajo autorización de investigación científica N° 021-2018-IC-FLO/FAU-DPAG/MAE otorgada por el Ministerio de Ambiente de Ecuador, y muestra resultados parciales de la tesis de grado en Biología de Kelly Ghislaine Mora, quien agradece a Ivanna Mora, Danny Bohórquez, Judith Alvarado, Christopher Rojas, Nery Vera, Viviana Rodríguez, José Chonillo, Santiago Pozo, Jonathan De Mora y Jacob Guachisaca, por su acompañamiento durante la fase de campo, y a Andrea Narváez por su revisión, corrección y sugerencias. Ambos autores agradecen a Inmobiliar E.P. (Parque Histórico) y a Fundación Malecón 2000 (Malecón 2000) por su autorización a desarrollar la fase de campo de esta investigación. A los revisores anónimos cuyos comentarios sirvieron para mejorar sustancialmente el manuscrito.

Contribución de los autores.– KGM realizó el trabajo de campo, que incluye identificación, marcaje, georreferenciación, análisis de datos, así como la redacción del manuscrito inicial. JAS participó en el diseño, interpretación y análisis de datos, elaboración del mapa, y la redacción final. Ambos autores participaron en forma equitativa en la escritura final del manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Adams, C.K., D. Sáenz & J.D. Childress. 2014. A summary of reports of the Cuban Brown Anole (*Anolis sagrei*) in Texas, USA. *Herpetological Review* 45:282.
- Amador, L. 2015. Fauna urbana de Guayaquil: El caso de los anfibios y reptiles, nuestros vecinos menospreciados. *Yachana* 4:181-188.
- Amador, L., F. Ayala-Varela, A.E. Nárvaez, K. Cruz & O. Torres-Carvajal. 2017. First record of the invasive Brown Anole, *Anolis sagrei* Duméril & Bibron, 1837 (Squamata: Iguanidae: Dactyloinae), in South America. *Check List* 13:2083.
- Anich, N.M., T.J. Benson & J.C. Bednarz. 2009. Estimating territory and home-range sizes: do singing locations alone provide an accurate estimate of space use? *The Auk* 126:626-634.
- Antúñez-Fonseca, C.A., E. Hofmann, A.A. Reyes Barahona, D.I. Ordoñez Mazier, F.J. Dubón, H.D. Reyes & J.H. Townsend. 2022. New records and range expansion of *Norops sagrei* (Squamata: Dactyloidae) in Honduras highlight the importance of citizen science in documenting non-native species. *Caldasia* 44:325-331.
- Ayala-Varela, F. & G. Pazmiño-Otamendi. 2020. *Anolis sagrei*. Reptiles del Ecuador Versión 2022.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://bioweb.bio/faunaweb/reptiliaweb/FichaEspecie/Anolis%20sagrei> [Consultado en septiembre 2024].
- Basset, L.G. 2022. A summary of reports of the Cuban Brown Anole (*Anolis sagrei*) in Texas, USA. *Reptiles & Amphibians* 29:162-266.
- Battles, A.C., M. Moniz & J.J. Kolbe. 2018. Living in the big city: Preference for broad substrates results in niche expansion for urban *Anolis* lizards. *Urban Ecosystems* 21:1087-1095.
- Bermúdez-Martínez, R. & M.N. Molina-Moreira. 2017. Composición florística de las plantas suculentas del Parque Histórico Guayaquil. *Revista Ciencia UNEMI* 10:109-122.
- Burt, W.H. 1943. Territoriality and home range concepts as applied to mammals. *Journal of Mammalogy* 24:346-252.
- Bush, J.M., M. Ellison & D. Simberloff. 2022. Impacts of an invasive species (*Anolis sagrei*) on social and spatial behaviours of a native congener (*Anolis carolinensis*). *Animal Behaviour* 183:177-188.
- Cabrera, M.P. & G. Scrocci. 2012. Áreas de acción en *Liolaemus espinozai* (Squamata: Liolaemidae) en Campo El Arenal, Catamarca, Argentina. *Acta Zoológica Lilloana* 56:54-65.
- Calsbeek, R. & E. Marnocha. 2006. Context dependent territory defense: the importance of habitat structure in *Anolis sagrei*. *Ethology* 112:537-543.
- Chejanovski, Z.A., S.T. Giery & J.J. Kolbe. 2022. Effects of urbanization on the trophic niche of the brown anole, a widespread invasive lizard. *Food Webs* 33:e00257.
- Christian, K.A. & S. Waldschmidt. 1984. The relationship between lizard home range and body size: a reanalysis of the data. *Herpetologica* 40:68-75.
- Cruz-García, K., M. Barreno, S. Cuadrado, M.D.M. Moretta-Urdiales, N. Molina-Moreira, J.A. Salas, Á. Torres-Domínguez & A.E. Narváez. 2023. Amphibians and reptiles of Isla Santay (Durán, Ecuador). *Check List* 19:347-369.
- Cuasapaz-Sarabia, J. & J.A. Salas. 2019. Área de vida de la especie invasora *Achatina fulica* Browdich, 1822 (Gastropoda: Achatinidae) en un área de conservación de bosque seco ecuatoriano. *Revista Peruana de Biología* 26:41-48.
- Cusme-Valdez, K.E. 2017. Evaluación de las especies del manglar establecidas en el Parque Histórico Guayaquil. Bachelor Thesis, Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Samborondón, Ecuador.
- Delaney, D.M. & D.A. Warner. 2017. Effects of age- and sex-specific density on behaviour and survival in a territorial lizard (*Anolis sagrei*). *Animal Behaviour* 129:31-41.
- Edwards, J.R. & S.P. Lailvaux. 2012. Display behavior and habitat use in single and mixed populations of *Anolis carolinensis* and *Anolis sagrei* lizards. *Ethology* 118:494-502.
- Fisher, M. & A. Muth. 1989. A technique for permanently marking lizards. *Herpetological Review* 20:45-46.
- Flanagan, S.P. & C.R. Bevier. 2014. Do male activity level and territory quality affect female association time in the Brown Anole, *Anolis sagrei*? *Ethology* 120:365-374.
- Frutos, N. & L.C. Belver. 2007. Dominio vital de *Liolaemus koslowskyi* Etheridge, 1993 (Iguania: Liolaemini) en el noroeste de la

- provincia de La Rioja, Argentina. Cuadernos de Herpetología 21:83-92.
- Galdino, C., G. Horta & R. Young. 2014. An update to a bead-tagging method for marking lizards. Herpetological Review 45:587-589.
- Guerrero-Aravena, J.P. & P. Vallejos-Garrido. 2022. Aproximación al ámbito de hogar de *Liolaemus lemniscatus* Gravenhorst, 1838 (Squamata, Liolaemidae) en un sitio prioritario de Chile mediterráneo. Gayana (Concepción) 86:1-7.
- Hernández-Gallegos, O., A.E. López-Moreno, J.F. Méndez-Sánchez, J. Lloyd Rheubert & F.R. Méndez-de La Cruz. 2015. Ámbito hogareño de *Aspidoscelis cozumela* (Squamata: Teiidae): una lagartija partenogenética microendémica de Isla Cozumel, México. Revista de Biología Tropical 63:771-781.
- Johnson, S.A., C. Reyes, B. Dodge & N.M. Claunch. 2021. Florida's introduced reptiles: Brown Anole (*Anolis sagrei*). EDIS 4:1-7.
- Kacolicis, F.P., J.D. Williams, C.R.D. Arcaute & C. Cassino. 2009. Home range size and overlap in *Liolaemus multimaculatus* (Squamata: Liolaemidae) in Pampean coastal dunes of Argentina. South American Journal of Herpetology 4:229-234.
- Kie, J.G., J. Matthiopoulos, J. Fieberg, R.A. Powell, F. Cagnacci, M.S. Mitchell, J.M. Gaillard, & P.R. Moorcroft. 2010. The home-range concept: Are traditional estimators still relevant with modern telemetry technology? Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 365:2221-2231.
- Kolbe, J.J., R.E. Glor, L. Rodríguez Schettino, A.C. Lara, A. Larson & J.B. Losos. 2004. Genetic variation increases during biological invasion by a Cuban lizard. Nature 431:177-181.
- Lee, J.C., D. Clayton, S. Eisenstein & I. Pérez. 1989. The reproductive cycle of *Anolis sagrei* in Southern Florida. Copeia 1989:930-937.
- Lobos, G., C. Méndez & A. Alzamora. 2013. Utilización de marcas electrónicas PIT tags en *Liolaemus* y descripción de una técnica de implante para especies de pequeña y mediana talla. Gayana (Concepción) 77:26-34.
- Loja-Santos, D.C., K.M. Ojeda-Romero & L.J. Rivera-Chinga. 2012. Evaluación del uso recreativo de los jardines del Malecón Simón Bolívar. Bachelor Thesis, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Guayaquil, Ecuador.
- Losos, J.B. 1990. Ecomorphology, performance capability, and scaling of West Indian *Anolis* lizards: an evolutionary analysis. Ecological Monographs 60:369-388.
- Minitab. 2018. Minitab 18 [Software]. Minitab Inc State College, Inc. <http://www.minitab.com>
- Molina-Moreira, N., N. Morán del Pezo & M. Fabara-Suárez. 2022. Árboles del bosque seco del Parque Histórico Guayaquil. Universidad Espíritu Santo, Samborombón, Ecuador.
- Morales-Ordoñez, M. & J.A. Salas. 2016. Estimación del ámbito de hogar de *Stenocercus iridescens* (Günther, 1859) (Squamata: Tropiduridae) durante la época lluviosa en el Bosque Protector Cerro Blanco (Guayas, Ecuador). Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales 10:89-96.
- Narváez, A.E., T. Ghia, M.M. Moretta-Urdiales & N.M. Moreira. 2020. Feeding habits of *Anolis sagrei*, an introduced species, in urban ecosystems of Guayas Province. Urban Ecosystems 23:1371-1376.
- Nicholson, K.E. & P.M. Richards. 2011. Home-range size and overlap within an introduced population of the Cuban Knight Anole, *Anolis equestris* (Squamata: Iguanidae). Phyllomedusa 10:65-73.
- Norval, G., S.R. Goldberg & J.M. Mao. 2012. A new record of an introduced species, the Brown Anole (*Anolis sagrei*) (Duméril & Bibron, 1837), in Taiwan. Russian Journal of Herpetology 19:75-81.
- Norval, G., W. Hsiao, S. Huang & C. Chen. 2010. The diet of an introduced lizard species, the brown anole in Chiayi County, Taiwan. Russian Journal of Herpetology 17:131-138.
- Norval, G., J. Mao, H. Chu & L. Chen. 2002. A new record of an introduced species, the Brown Anole (*Anolis sagrei*) (Duméril & Bibron, 1837), in Taiwan. Zoological Studies 41:332-336.
- Passos, D.C., C.A.B. Galdino & C.F.D. Rocha. 2015. Challenges and perspectives for studies on home range of lizards from South America. South American Journal of Herpetology 10:82-89.
- Perovic, P., C. Trucco, A. Tálamo, V. Quiroga, D. Ramallo, A. Lacci, A. Baungardner & F. Mohr. 2008. Guía Técnica para el Monitoreo de la Biodiversidad. Programa de Monitoreo de Biodiversidad—Parque Nacional Copo, Parque y Reserva Provincial Copo, y Zona de Amortiguamiento. Administración de Parques Nacionales, Global Environmental Fund, Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, Salta, Argentina.



- Perry, G. & T. Garland. 2002. Lizard home ranges revisited: Effects of sex, body size, diet, habitat, and phylogeny. *Ecology* 83:1870-1885.
- Powell, R. & R.W. Henderson. 2012. Island lists of West Indian amphibians and reptiles. *Bulletin of the Florida Museum of Natural History* 51:85-166.
- QGIS. 2016. QGIS Geographic Information System (Versión 2.14 Essen) [Software]. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://www.qgis.org>
- Robles, C. & M. Halloy. 2009. Home ranges and reproductive strategies in a Neotropical Lizard, *Liolaemus quilmes* (Iguania: Liolaemidae). *South American Journal of Herpetology* 4:253-258.
- Rose, B. 1982. Lizard home ranges: methodology and functions. *Journal of Herpetology* 16:253-269.
- Row, J.R. & G. Blouin-Demers. 2006. Kernels are not accurate estimators of home-range size for herpetofauna. *Copeia* 2006:797-802.
- Ruiz, J., K. Junes & J. Pérez. 2017. Ámbito de hogar de la lagartija de las lomas *Microlophus tigris* (Sauria: Tropiduridae) en las Lomas de Carabayllo, Lima – Perú. *Revista Peruana de Biología* 24:357-362.
- Schoener, T.W. & A. Schoener. 1980. Densities, sex ratios, and population structure in four species of bahamian *Anolis* lizards. *Journal of Animal Ecology* 49:19-53.
- Schoener, T.W. & A. Schoener. 1982. Intraspecific variation in home-range size in some *Anolis* lizards. *Ecology* 63:809-823.
- Stehle, C.M., A.C. Battles, M.N. Sparks & M.A. Johnson. 2017. Prey availability affects territory size, but not territorial display behavior, in green anole lizards. *Acta Oecologica* 84:41-47.
- Stroud, J.T., M. Colom, P. Ferrer, N. Palermo, V. Vargas, M. Cavallini, J. López & I. Jones. 2019. Behavioral shifts with urbanization may facilitate biological invasion of a widespread lizard. *Urban Ecosystems* 22:425-434.
- Stroud, J.T., S.T. Giery & M.E. Outerbridge. 2017. Establishment of *Anolis sagrei* on Bermuda represents a novel ecological threat to Critically Endangered Bermuda skinks (*Plestiodon longirostris*). *Biological Invasions* 19:1723-1731.
- Tan, H. & K.K.P. Lim. 2012. Recent introduction of the brown anole *Norops sagrei* (Reptilia: Squamata: Dactyloidae) to Singapore. *Nature in Singapore* 5:359-362.
- Tokarz, R.R. 1985. Body size as a factor determining dominance in staged agonistic encounters between male brown anoles (*Anolis sagrei*). *Animal Behaviour* 33:746-753.
- Tokarz, R.R., A.V. Paterson & S. McMann. 2005. Importance of dewlap display in male mating success in free-ranging Brown Anoles (*Anolis sagrei*). *Journal of Herpetology* 39:174-177.
- Torres, G. & F. Man-Ging. 2014. Comportamiento y relaciones inter e intra específicas de un grupo de primates en cautiverio: *Ateles fusciceps*, *Cebus capucinus* y *Cebus albifrons*, en un exhibidor del Parque Histórico Guayaquil, Ecuador. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales* 8:47-57.
- Valladares, F. 2006. La disponibilidad de luz bajo el dosel de los bosques y matorrales ibéricos estimada mediante fotografía hemisférica. *Ecología* 20:11-30.
- Verwajen, D. & R.V. Damme. 2008. Wide home ranges for widely foraging lizards. *Zoology* 111:37-47.
- Wone, B. & B. Beauchamp. 2003. Movement, home range, and activity patterns of the Horned Lizard, *Phrynosoma mcallii*. *Journal of Herpetology* 37:679-686.



PRIMER REGISTRO DEL COMPORTAMIENTO DEFENSIVO POSTURA UNKEN EN UNA RANA CRÍPTICA CENTROAMERICANA *ELACHISTOCLEIS PANAMENSIS* (ANURA: MICROHYLIDAE)

FIRST RECORD OF THE DEFENSIVE BEHAVIOR UNKEN REFLEX IN A CENTRAL AMERICAN CRYPTIC FROG *ELACHISTOCLEIS PANAMENSIS* (ANURA: MICROHYLIDAE)

Katherine González^{1*} & Carolina Mitre-Ramos^{2,3}

¹Department of Biological Sciences, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA 47907.

²Universidad de Panamá, Escuela de Biología, Bella Vista, Ciudad de Panamá, Panamá.

³Asociación ADOPTA Bosque Panamá (ADOPTA), Gamboa, Panamá.

*Correspondence: kgonzalez@purdue.edu

Received: 2025-02-09. Accepted: : 2025-04-22. Published: 2025-06-12.

Editor: Daniel Ariano Sánchez, Guatemala.

Abstract.— Visual anti-predatory defenses, such as body postures, are critical when cryptic coloration is insufficient to prevent predation. We report the unken reflex for the first time in *Elachistocleis panamensis*, a cryptic species restricted to Panama and Colombia. We observed a male *Elachistocleis panamensis* exhibiting this behavior in response to a capture attempt, arching its back and raising its head, a typical characteristic of the unken reflex. While the unken reflex is commonly associated with aposematic species, in this species, may act as a secondary defensive mechanism during close predator encounters. The present record includes Microhylidae in the list of anuran species exhibiting the unken reflex. Our findings underscore the need for experimental studies to evaluate the frequency, efficacy, and ecological triggers of the unken reflex in anurans.

Keywords.— Anti-predatory mechanisms, Anura, cryptic coloration, Panama humming frog.

Resumen.— Las defensas visuales anti-predatorias, como las posturas corporales, son esenciales cuando la coloración críptica resulta no ser suficiente para evitar ser depredado. Reportamos por primera vez el comportamiento postura unken en *Elachistocleis panamensis*, una especie con coloración críptica restringida a Panamá y Colombia. Observamos un macho de *Elachistocleis panamensis* que, ante un intento de captura, arqueó la espalda y levantó la cabeza, lo cual es característico de la postura unken. Aunque este comportamiento suele asociarse con especies aposemáticas, en esta rana podría funcionar como defensa secundaria en encuentros cercanos con depredadores. Este registro incluye a la familia Microhylidae en la lista de anuros documentados que presentan la postura unken. Nuestro hallazgo destaca la necesidad de estudios experimentales para evaluar su frecuencia, eficacia y las condiciones ecológicas que desencadenan la postura unken en anuros.

Palabras clave.— Anura, coloración críptica, mecanismos antipredatorios, Sapito termitero panameño.

Los anuros exhiben una amplia diversidad de comportamientos defensivos que abarcan respuestas químicas (toxinas), acústicas (cantos de liberación) y visuales (Toledo et al., 2011). Muchos de estos mecanismos defensivos están diseñados para explotar los sesgos de los sistemas sensoriales de sus depredadores (Endler, 1992). Por ejemplo, el camuflaje (mediante coloración críptica, coloración disruptiva o máscaras) produce ilusiones ópticas que engañan a los depredadores (Endler, 1981). En el caso de la coloración críptica, el objetivo es reducir el contraste entre

la señal (la coloración del individuo) y el ruido del fondo (la coloración del sustrato) (Galloway et al., 2020).

Elachistocleis panamensis (Anura: Microhylidae) es una pequeña rana restringida a Panamá y parte de Colombia que se caracteriza por su coloración críptica. Esta especie exhibe un dorso de color marrón oscuro, con una banda dorsolateral que varía entre amarillo y marrón rojizo y bordes de color marrón grisáceo (Köhler, 2013). En esta nota reportamos, por primera

vez, el comportamiento defensivo conocido como “postura unken” para *E. panamensis*.

El 16 de Julio del 2024, K.G. y C.M.R. observaron un macho *E. panamensis* (Anura: Microhylidae) en el sendero de Camino de Plantación, ubicado en el Parque Nacional Soberanía, Panamá Central, Panamá (9.0753° N, 79.658° W; 48 m s.n.m) (Fig. 1). Las condiciones ambientales eran propias de la temporada reproductiva, con una humedad relativa del 86% y una temperatura en promedio de 26.6 °C, sin evidencia de precipitaciones ese día. El individuo fue encontrado a un costado del sendero, en un área con vegetación de tipo césped y cerca de pequeños pozos de agua. Aunque no se escuchó ningún canto, el saco vocal de la rana estaba parcialmente distendido, indicando alguna actividad vocal. Al acercarnos, el individuo se desplazó en dirección opuesta y, después de la captura que duró menos de un minuto, fue devuelto al suelo. Fue entonces que observamos cómo comenzó a levantar la cabeza y aplanar su cuerpo. La postura unken tomó aproximadamente menos de un minuto para completarse y se mantuvo al menos cinco minutos después de iniciada, en los cuales tomamos la fotografía (Fig. 2).

Este comportamiento ha sido previamente descrito como una respuesta defensiva en la que los individuos reaccionan a una potencial amenaza, arqueando la espalda y levantando la cabeza (Hinsche, 1926; Bordignon et al., 2018; Ferreira et al., 2019). El mismo se ha documentado principalmente en especies aposemáticas, debido a que la posición corporal arqueada permite exhibir la coloración de advertencia en las palmas de las manos o en el vientre (Duellman, 1994; Bordignon et al., 2018). Para especies crípticas, como *E. panamensis*, la postura unken también puede ser efectiva como mecanismo de defensa, incluso en ausencia de coloración aposemática, en este caso se ha denominado “postura unken parcial” (Toledo et al., 2011). Es posible que la postura unken actúe como un mecanismo secundario frente a un depredador que se acerca a la rana de manera rápida o agresiva. Observamos que el reflejo se activó únicamente cuando capturamos al individuo, lo cual sugiere que la coloración críptica podría no ser completamente efectiva en situaciones de máxima proximidad con el depredador. Algunos de los depredadores del género *Elachistocleis* comprenden invertebrados como arañas (Salcedo-Rivera et al., 2018) y chinches acuáticas (Zaracho, 2012) aunque es probable que

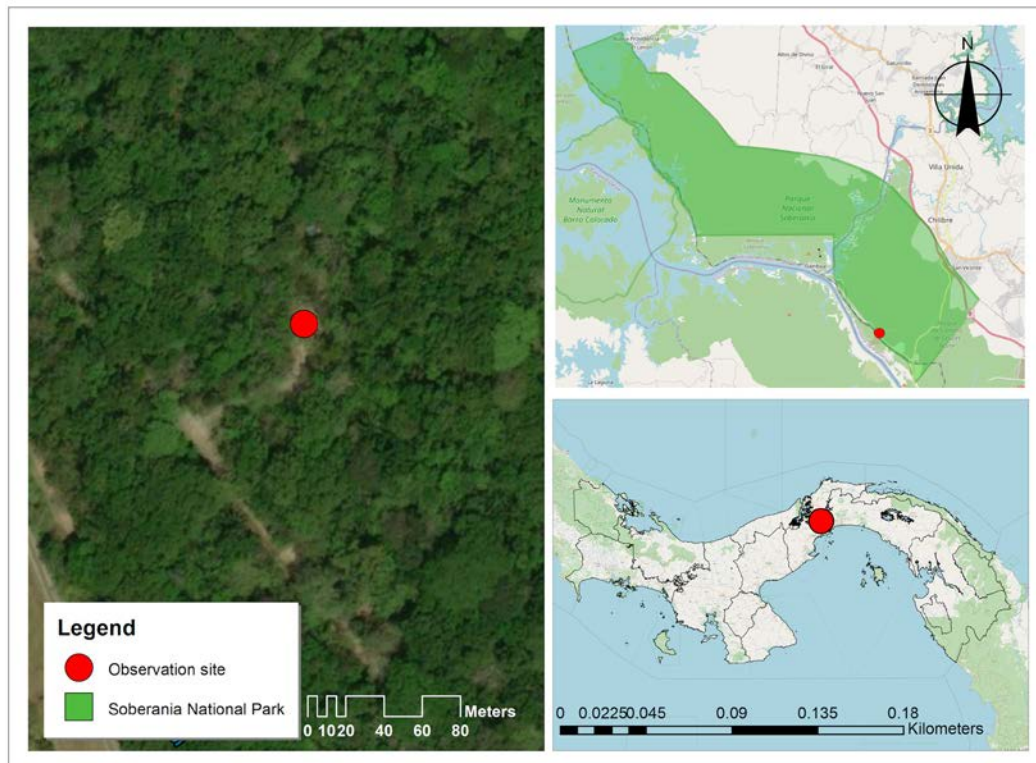


Figure 1. Observation site of the defensive behavior for *Elachistocleis panamensis* in the Soberanía National Park, Central Panama.

Figura 1. Sitio de observación del comportamiento defensivo para *Elachistocleis panamensis* en el Parque Nacional Soberanía, Panamá Central.

vertebrados como las serpientes sean su depredador más común. En cualquier caso, hipótesis como la planteada anteriormente requiere de estudios experimentales de comportamiento.

En anuros la postura unken se ha reportado en algunas especies de las familias: Bombinatoridae (Fernández & Fernández, 1921; Bülbül et al., 2016 ; Kariş et al., 2017), Bufonidae (Brusquetii et al., 2007; Almeida-Santos et al., 2010; Caorsi et al., 2014; Ferreira et al., 2019), Hemisotidae (Greenbaum et al., 2012), Hylidae (Firschein, 1951; Angulo & Funk, 2006), Limnodynastidae (Williams et al.,

2000), Mantellidae (Andreone, 2002), Myobatrachidae (Williams et al., 2000), Ranidae (Haberl & Wilkinson, 1997; Means, 2004; Carretero et al., 2011) y Rhaphocoridae (Das et al., 2004; Duong & Rowley, 2010; Streicher et al., 2011). Aunque existe un récord previo de la postura unken en la familia Microhylidae para individuos en cautiverio de la especie *Kaloula pulchra* (Pham & Díaz, 2023), argumentamos que el comportamiento reportado posee mayor similitud con tanatosis (ver Ferreira et al., 2019). Los individuos de la especie *K. pulchra* muestran las extremidades extendidas y no se observa la clásica espalda arqueada en



Figure 2. A. *Elachistocleis panamensis* showing the dorsal curvature characteristic of unken posture (white arrow). B. Dorsal angle shows the individual's body posture, which is notable for its curved back and raised head. Photos: Katherine González.

Figura 2. A. *Elachistocleis panamensis* mostrando la curvatura dorsal característica del comportamiento postura unken (flecha blanca). B. Ángulo dorsal muestra la postura corporal del individuo en el cual es notable la posición corporal con espalda curvada y cabeza alzada. Fotos: Katherine González.

forma convexa de la postura unken que si observamos en *E. panamensis*. El presente trabajo añade la familia (Microhylidae) para la especie *Elachistocleis panamensis* a la lista de ranas con comportamiento "unken reflex".

Agradecimientos.– Este trabajo fue posible debido a la colaboración financiera de la beca Lindsey fellowship del área de investigación en Ecología y Biología Evolutiva del Departamento de Biología, Purdue University, USA. Los permisos de investigación fueron otorgados por el Ministerio de Ambiente en la República de Panamá No. ARG-097-2022.

LITERATURA CITADA

- Almeida-Santos, P., D. Souza do Nascimento, P.A. Abrunhosa & M. Van Sluys. 2010. *Melanophryniscus moreirae* (Maldonado Red belly Toad). Defensive behavior. Herpetological Review 41:200-201.
- Andreone, F. 2002. *Boophis albilabris*. Defensive behavior. Herpetological Review 33:299-300.
- Angulo, A. & W.C. Funk. 2006. *Hyla calcarata* (Rana de Espolones) and *Hyla fasciata* (NCN). Defensive behavior. Herpetological Review 37:203-204.
- Bordignon, D.W., V.Z. Caorsi, P. Colombo, M. Abadie, I.V. Brack, B.T. Dasoler & M. Borges-Martins. 2018. Are the unken reflex and the aposematic coloration of Red-Bellied Toads efficient against bird predation? PLoS One 13:e0193551.
- Brusquetti, F., D. Baldo & M. Motte. 2007. Amphibia, Anura, Bufonidae, *Melanophryniscus krauczuki*: Geographic distribution map and first record for Paraguay. Check List 3:141-144.
- Bülbül, U., M. Kurnaz, A.I. Eroğlu, J.M. Szymura, H. Koc & B. Kutrup. 2016. First record of *Bombina variegata* (L., 1758) (Anura: Bombinatoridae) from Turkey. Turkish Journal of Zoology 40:630-636.
- Caorsi, V.Z., P. Colombo, M.D. Freire, I.B. Amaral, C. Zank, M. Borges-Martins & T.G. Grant. 2014. Natural history, coloration pattern and conservation status of the threatened South Brazilian red-bellied toad, *Melanophryniscus macrogranulosus* Braun, 1973 (Anura, Bufonidae). Herpetology Notes 7:585-598.
- Carretero, M.A., F. Jorge, S. Freitas, N. Sillero, C. Corti & M. Arakelyan. 2011. Unken reflex in *Rana macrocnemis* from Armenia. Herpetology Notes 4:68-69.
- Das, I., M.T. Leong & H.H. Tan. 2004. *Nyctixalus pictus* (Cinnamon tree frog). Defensive behavior. Herpetological Review 35:373-374.
- Duellman, W.E. & L. Trueb. 1994. Biology of Amphibians. McGraw-Hill, New York, USA.
- Duong, L.T.T. & J.J.L. Rowley. 2010. *Rhacophorus feae* (Thao Whipping Frog). Defensive behavior. Herpetological Review 41:342.
- Endler, J.A. 1981. An overview of the relationships between mimicry and crypsis. Biological Journal of the Linnean Society 16:25-31.
- Endler, J.A. 1992. Signals, signal conditions, and the direction of evolution. The American Naturalist 139:S125-S153.
- Fernández, K. & M. Fernández. 1921. Sobre la biología y reproducción de algunos batracios argentinos. 1. Cystignathidae. Anales de la Sociedad Científica Argentina 91:97-193.
- Ferreira, R.B., R. Lourenço-de-Moraes, C. Zocca, C. Duca, K.H. Beard & E.D. Brodie. 2019. Antipredator mechanisms of post-metamorphic anurans: a global database and classification system. Behavioral Ecology and Sociobiology 73:1-21.
- Firschein, I.L. 1951. Phragmosis and the "unken reflex" in a Mexican hyloid frog, *Pternohyla fodiens*. Copeia 1951:74-74.
- Galloway, J.A., S.D. Green, M. Stevens & L.A. Kelley. 2020. Finding a signal hidden among noise: how can predators overcome camouflage strategies? Philosophical Transactions of the Royal Society B 375:20190478.
- Greenbaum, E., C. Kusamba, W. Moninga & M. Aristote. 2012. *Hemisis marmoratus* (Marbled Snout-Burrower). Defensive behavior. Herpetological Review 43:320-321.
- Haberl, W. & J.W. Wilkinson. 1997. A note on the Unken reflex and similar defensive postures in *Rana temporaria* (Anura, Amphibia). British Herpetological Society Bulletin 61:16-20.
- Hinsche, G. 1926. Vergleichende untersuchungen zum sogenannten unkenreflex. Biol. Zentralbl 46:296-305.
- Karış, M., M. Veith, B. Göçmen, M.A. Oğuz, D. Şener & B. Kurt. 2017. Genetic confirmation of the occurrence and notes on the ecology of the yellow-bellied toad, *Bombina variegata* (L., 1758) (Amphibia: Bombinatoridae) in the European part of Turkey. Herpetological Bulletin 139:25-27.



- Köhler, G. 2013. Amphibians of Central America. New Edition. Herpeton Verlag, Offenbach, Germany 282-285.
- Means, D.B. 2004. *Rana capito* (Florida gopher frog). Defensive behavior. Herpetological Review 35:163-164.
- Pham, V.T. & R.E. Diaz Jr. 2023. *Kaloula pulchra* (Banded Bullfrog). Herpetological Review 54:61.
- Salcedo-Rivera, G.A., J. A. Fuentes-Mario & J. Tovar-Márquez. 2018. Predation of the frog *Elachistocleis panamensis* by the spider *Ancylometes bogotensis*: first record." Biota colombiana 19:128-132.
- Streicher, J.W., E.N. Smith & M.B. Harvey. 2011. *Rhacophorus margaritifer* (Java Flying Frog). Defensive behavior. Herpetological Review 42:590-591.
- Toledo, L.F., I. Sazima & C.F.B. Haddad. 2011. Behavioral defenses of anurans: An overview. Ethology Ecology & Evolution 23:1-25.
- Williams, C.R., E.D. Brodie Jr., M.J. Tyler & S.J. Walker. 2000. Antipredator mechanisms of Australian frogs. Journal of Herpetology 34:431-443.
- Zaracho, V. H. 2012. Predation on *Elachistocleis bicolor* (Anura: Microhylidae) by *Lethocerus annulipes* (Heteroptera: Belostomatidae). Herpetology Notes 5: 227-228.



POSSIBLE PREDATION EVENT ON A BROWN ANOLE *ANOLIS SAGREI* (SQUAMATA: ANOLIDAE) BY A MEXICAN RED RUMP TARANTULA *TLILTOCATL VAGANS* (ARANEAE: THERAPHOSIDAE) IN QUINTANA ROO, MEXICO

POSIBLE DEPREDACIÓN DE UN ABANIQUELLO COSTERO MAYA *ANOLIS SAGREI* (SQUAMATA: ANOLIDAE) POR UNA TARÁNTULA MEXICANA DE CADERA ROJA *TLILTOCATL VAGANS* (ARANEAE: THERAPHOSIDAE) EN QUINTANA ROO, MÉXICO

José Rogelio Cedeño-Vázquez^{1*}, Erandi Cedeño-Zacarías², César Raziel Lucio Palacio³ & Daniela Thalía Candia Ramírez⁴

¹El Colegio de la Frontera Sur Unidad Chetumal. Departamento de Sistemática y Ecología Acuática. Av. Centenario km 5.5, 77014 Chetumal, Quintana Roo, México.

²Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Chetumal. Av. Insurgentes 330, Col. David Gustavo Gutiérrez, 77013 Chetumal, Quintana Roo, México

³El Colegio de la Frontera Sur Unidad Chetumal. Departamento de Conservación de la Biodiversidad. Av. Centenario km 5.5, 77014 Chetumal, Quintana Roo, México.

⁴Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. Avenida Universidad 3000, 04510 Coyoacán, Ciudad de México, México.

*Correspondence: rogeliocedeno@gmail.com

Received: 2025-01-13. Accepted: : 2025-03-20. Published: 2025-06-12.

Editor: César Antonio Ríos Muñoz, México.

Resumen.— La dieta de las arañas de la familia Theraphosidae consiste principalmente de insectos grandes y otros artrópodos terrestres como ciempiés, milpiés y otros arácnidos; no obstante, las especies más grandes ocasionalmente se alimentan de vertebrados pequeños como lagartijas, ratones, aves y serpientes. Reportamos una observación de un posible evento de depredación de la tarántula mexicana de cadera roja (*Tliltocatl vagans*) sobre un abaniquillo costero maya (*Anolis sagrei*) durante la noche del 29 de mayo de 2014, en el jardín de una residencia ubicada en Chetumal, Quintana Roo, México.

Palabras clave.— Ambiente antropizado, arácnidos, Chetumal, dieta, ecología trófica, lagartijas.

Abstract.— The diet of spiders belonging to the Theraphosidae family consists mainly of large insects and other terrestrial arthropods such as centipedes, millipedes, and other arachnids; nevertheless, the biggest species occasionally feed on small vertebrates such as lizards, mice, bats, birds, and snakes. We report an observation of a possible predation event of the Mexican Red Rump Tarantula (*Tliltocatl vagans*) on a Brown Anole (*Anolis sagrei*) during the night on 29 May 2014, in the garden area of a residence located in Chetumal, Quintana Roo, Mexico.

Keywords.— Anthropized environment, arachnids, Chetumal, diet, lizards, trophic ecology.

The family Theraphosidae comprises the largest and heaviest spiders in the world, inhabiting almost every terrestrial ecosystem, except for polar regions, but primarily found in tropical, subtropical, semi-arid and arid regions around the world (Mendoza & Francke, 2020; Pérez-Miles, 2020). Theraphosid spiders usually hunt at night, waiting at the entrance of their

refuge in the darkness to feed primarily on ground-dwelling animals including large insects and other terrestrial arthropods such as centipedes, millipedes, and other arachnids, using a “sit-and-wait” strategy as their primary method of prey capture (Marshall, 1996; Schults & Schults, 2009; Hénaut & Machkour-M'Rabet, 2020). The largest species occasionally feed on small

vertebrates such as lizards, mice, bats, birds, and snakes (Schults & Schults, 2009; Hénaut & Machkour-M'Rabet, 2020). Most are burrowers, inhabiting underground burrows but they may also live under stones, logs and inside crevices, as seen in representatives of the *Tiltocatl* genus (Yañez & Floater, 2000; Machkour-M'Rabet et al., 2005, 2007).

The Mexican Red Rump Tarantula (*Tiltocatl vagans*), occurs on the base of the Yucatán Peninsula: southeastern Campeche, northeastern Chiapas, and southern Quintana Roo in Mexico, northern Guatemala, and Belize (Fukushima et al., 2019; Mendoza & Francke, 2020). This species is commonly associated with microhabitats having moderate levels of human disturbance, including human settlements (Machkour-M'Rabet et al., 2005; Dor et al., 2011). It is important to mention that *Tiltocatl vagans* is listed under the IUCN's "Least Concern" category and on CITES Appendix II, along with all other species of the genus *Tiltocatl* (ex. *Brachypelma*) (Fukushima et al., 2019; CITES, 2024).

The Brown Anole (*Anolis sagrei*) is a moderately robust lizard native to the Caribbean islands on the Bahamas, Cuba, Little Cayman Island, and Cayman Brac island but its geographic distribution has been expanding by human means outside of its natural range (Heimes, 2022; Global Invasive Species Database, 2025), including the Yucatán Peninsula (Díaz-Gamboa et al., 2020), where it mostly occupies coastal areas and offshore islands (Heimes, 2022 and references therein). *Anolis sagrei* is considered

a habitat generalist, primarily inhabiting open and disturbed environments (Global Invasive Species Database, 2025). In Mexico, it is commonly found around human settlements, where it perches on rock walls, building walls, fence posts, coconut palms, and mangrove trees (Díaz-Gamboa et al., 2020; Heimes, 2022).

Predation on vertebrates by spiders is not well studied, and documenting predatory events is important for understanding their ecology, behavior, and evolution. There are reports of theraphosid spiders preying on vertebrates, including amphibians (caecilians and anurans), birds (e.g., hummingbirds), mammals (e.g., bats and mice), and small reptiles (e.g., snakes and lizards) (see Hénaut & Machkour-M'Rabet, 2020; Nyffeler & Gibbons, 2021, 2022 and references therein). Here, we report a possible predation event on *A. sagrei* by *T. vagans* in southern Quintana Roo, Mexico.

On May 29th 2014 at 21:36 h a dead adult male *A. sagrei* was found next to an adult female *T. vagans* in the garden area (Fig. 1) of a residence located in the city of Chetumal, Quintana Roo, Mexico (18.50011° N, 88.32591° W; 10 m a.s.l.). Although this finding appears to be a predation event, we cannot confirm that this was the case since we do not know if the spider caught and killed the lizard, nor do we have evidence that the spider eventually consumed the anole. The lizard had partially digested the top of its head and neck (Fig. 1). Thus, we assume that the



Figura 1. Hembra adulta de *Tiltocatl vagans* junto a un macho adulto de *Anolis sagrei*, encontrados el 29 de mayo de 2014 en el jardín de una vivienda ubicada en la ciudad de Chetumal, Quintana Roo, México. Foto: José Rogelio Cedeño-Vázquez.

Figure 1. Adult female *Tiltocatl vagans* next to an adult male *Anolis sagrei*, found on May 29th 2014 at a garden of a residence of Chetumal, Quintana Roo, Mexico. Photo: José Rogelio Cedeño-Vázquez.

observed damage was produced by digestive enzymes injected by the tarantula and the continuous mashing of the chelicerae when it hunted its prey.

There are three previous reports on predation events on *A. sagrei* by spiders: *Argiope trifasciata* (de Armas, 2001), *Cupiennius cf. cubae* (Fonseca-Hernández & Rodríguez-Cabrera, 2014), and *Latrodectus geometricus* (Cedeño-Vázquez et al., 2023). To the best of our knowledge, this is the first report of predation by Mexican Red Rump Tarantula on *A. sagrei*, a lizard species considered as invasive in Mexico (Vásquez-Cruz et al., 2020). Invasive alien species often demonstrate an ability to establish novel interspecific relationships, a key factor in explaining their invasive potential (Tingley et al., 2016). Considering that both species involved in this report live in close association with humans and benefit from their activities, predation events by *T. vagans* on the invasive *A. sagrei*, may contribute to regulating the urban populations of this anole in the Yucatán Peninsula.

LITERATURE CITED

- Cedeño-Vázquez, J.R., C.R. Lucio-Palacio & E. Cedeño-Zacarías. 2023. *Anolis sagrei* (Brown Anole). Predation. *Herpetological Review* 54:290-291.
- CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora). 2024. *Brachypelma vagans*. <https://cites.org/eng/taxonomy/term/5233> [Accessed on 14 October 2024]
- de Armas, L.F. 2001. Frogs and lizards as prey of some Greater Antillean arachnids. *Revista Ibérica de Aracnología* 3:87-88.
- Díaz-Gamboa, L., D. May-Herrera, A. Gallardo-Torres, R. Cedeño-Vázquez, V. González-Sánchez, X. Chiappa-Carrara & C. Yañes-Arenas. 2020. Catálogo de Reptiles de la Península de Yucatán. Universidad Nacional Autónoma de México, Mérida, Yucatán, México.
- Dor, A., S. Calmé & Y. Hénaut. 2011. Predatory interactions between *Centruroides* scorpions and the tarantula *Brachypelma vagans*. *Journal of Arachnology* 39:201-204.
- Fonseca-Hernández, E. & T.M. Rodríguez-Cabrera. 2014. Predation on a Cuban Brown Anole, *Anolis sagrei* (Dactyloidae), by a spider, *Cupiennius cubae* (Ctenidae), in the Cienfuegos Botanical Garden, South-central Cuba. *IRCF Reptiles & Amphibians* 21:98-99.
- Fukushima, C., Y. Hénaut, J. Mendoza, R. West, S. Longhorn, E. Rivera-Téllez, E.W.T. Cooper, S. Henriques & P. Cardoso. 2019. *Brachypelma vagans*, Mexican redrump. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T66082199A148729363. <https://www.iucnredlist.org/species/66082199/148729363> [Accessed on 14 October 2024]
- Global Invasive Species Database. 2025. Species profile *Norops sagrei*. Available from: <http://www.iucngisd.org/gisd/speciesname/Norops+sagrei> [Accessed on 10 January 2025]
- Heimes, P. 2022. *Herpetofauna Mexicana Vol. 2 Lizards of Mexico: Part 1. Iguanian Lizards*. Edition Chimaira. Frankfurt am Main, Germany.
- Hénaut, Y. & S. Machkour-M'Rabet. 2020. Predation and other interactions. Pp. 237-269. In Pérez-Miles, F. (Ed.), *New World Tarantulas: Taxonomy, Biogeography and Evolutionary Biology of Theraphosidae*. Zoological Monographs 6, Springer Nature, Cham, Switzerland.
- Machkour M'Rabet, S., Y. Hénaut, A. Sepulveda, R., Rojo, S. Calmé & V. Geissen. 2007. Soil preference and burrow structure of an endangered tarantula *Brachypelma vagans* (Mygalomorphae: Theraphosidae). *Journal of Natural History* 41:1025-1033.
- Machkour M'Rabet, S., Y. Hénaut, R. Rojo & S. Calmé. 2005. A not so natural history of the tarantula *Brachypelma vagans*: Interaction with human activity. *Journal of Natural History* 39:2515-2523.
- Marshall, S.D. 1996. Old dog learns new trick. *Forum of the American Tarantula Society* 5:114-116.
- Mendoza, J. & O. Francke. 2020. Systematic revision of Mexican threatened tarantulas *Brachypelma* (Araneae: Theraphosidae: Theraphosinae), with a description of a new genus, and implications on the conservation. *Zoological Journal of the Linnean Society* 188:82-147.
- Nyffeler, M. & J.W. Gibbons. 2022. Spiders feeding on vertebrates is more common and widespread than previously thought, geographically and taxonomically. *The Journal of Arachnology* 50:121-134.
- Nyffeler, M. & J.W. Gibbons. 2021. Spiders (Arachnida: Araneae) feeding on snakes (Reptilia: Squamata). *The Journal of Arachnology* 49:1-27.
- Pérez-Miles, F. 2020. *New World Tarantulas: Taxonomy, Biogeography and Evolutionary Biology of Theraphosidae*. Zoological Monographs 6, Springer Nature, Cham, Switzerland.



- Schultz, S.A. & M.J. Schultz. 2009. The Tarantula Keeper's Guide: Comprehensive Information on Care, Housing, and Feeding. Barron's Educational Series, Sourcebooks Inc. New York, USA.
- Tingley, R., P.J. Mahoney, A.M. Durso, A.G. Tallian, A. Morán-Ordóñez & K.H. Beard. 2016. Threatened and invasive reptiles are not two sides of the same coin. *Global Ecology and Biogeography* 25:1050-1060.
- Vásquez-Cruz, V., A. Reynoso-Martínez, A. Fuentes-Moreno & L. Canseco-Márquez. 2020. The distribution of Cuban brown anoles, *Anolis sagrei* (Squamata: Dactyloidae), in Mexico, with new records and comments on ecological interactions. *IRCF Reptiles & Amphibians* 27:29-35.
- Yañez, M. & G. Floater. 2000. Spatial distribution and habitat preference of the endangered tarantula, *Brachypelma klaasi* (Araneae: Theraphosidae) in Mexico. *Biodiversity & Conservation* 9:795-810.



AMELY IN A FEMALE OF *PHRYNOSOMA ORBICULARE* (SQUAMATA: PHRYNOSOMATIDAE)AMELIA EN UNA HEMBRA DE *PHRYNOSOMA ORBICULARE* (SQUAMATA: PHRYNOSOMATIDAE)

Gabriel Suárez-Varón^{1,2,4*}, Ivonne Tovar-Alva³, Gisela Granados-González², Oswaldo Hernández-Gallegos¹, Heliot Zarza³ & Juan Carlos González-Morales³

¹Laboratorio de Herpetología, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario No. 100, Colonia Centro, Toluca, C.P. 50000, Estado de México, México.

²Laboratorio de Morfofisiología de la Reproducción, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario No. 100, Colonia Centro, Toluca, C.P. 50000, Estado de México, México.

³Área Académica Biología de la Conservación, Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma, Av. de las Garzas 10, Col. El Panteón, Lerma, 52005, México.

⁴Red de Investigación y Divulgación de Anfibios y Reptiles MX. Toluca de Lerdo, Estado de México, México.

*Correspondence: biogabrielsv@gmail.com

Received: 2024-09-10. Accepted: 2025-01-22. Published: 2025-06-13.

Editor: Nicolas Pelegrin, Brasil.

Resumen.— Se registra un caso de amelia por un posible intento de depredación en una hembra adulta de *Phrynosoma orbiculare* en el Estado de México.

Palabras clave.— Anomalía, lesión, pérdida de extremidad, sobrevivencia de la presa.

Abstract.— A case of amelia is reported due to a possible attempted predation on an adult female *Phrynosoma orbiculare* in the State of Mexico.

Keywords.— Anomaly, lesion, limb loss, prey survival.

Lesions or abnormalities in limbs are rarely documented in lizards, despite their importance in the species' performance. Limb loss can result from predator attacks and, less frequently, from genetic alterations during embryonic development. Limb anomalies have been described in the scientific literature and categorized as adactyly, aphalangy, brachydactyly, and ectrodactyly (see details in De la Rosa-Silva et al., 2023); as well as more severe conditions where partial (ectomely) or total (amely) loss of the limb is observed (Henle et al., 2017; Kolenda et al., 2017). In Mexico, information on cases of limb anomalies is limited to recent observations in *Aspidozelis costatus* (De la Rosa-Silva et al., 2023), *Sceloporus grammicus* (Díaz-Marín et al., 2023a), and *Phrynosoma orbiculare* (Díaz-Marín et al., 2023b).

The Mountain Horned Lizard *P. orbiculare* (Linnaeus, 1789), is an endemic species to Mexico with a wide distribution across the country, ranging from the Sierra Madre Oriental, through

the Trans-Mexican Volcanic Belt, to the Mexican Plateau (Bryson et al., 2012). It belongs to the Phrynosomatidae family and primarily inhabits pine-oak forests and xerophilous scrublands at elevations from 1,300 to 3,400 m a.s.l. (Suárez-Rodríguez et al., 2018).

On 16 October 2024, at 10:00 h, we observed an adult female *P. orbiculare* at the Parque de la Ciencia Sierra Morelos (PCSM), in the municipality of Toluca, State of Mexico, Mexico (19.3155° N, 99.6909° W, Datum WGS 84, 2,700 m a.s.l.). The PCSM is a protected natural area located in an urban site, surrounded by towns and fragmented by the continuous introduction of cattle grazing and with recreational places such as cycling and with walking and hiking areas (Oviedo-Hernández et al., 2024). The adult female was measured with a digital caliper (precision ± 1 mm): snout-vent length = 79 mm, tail length = 37 mm, inter-axillary distance = 42 mm, head length, width, and height = 17, 28,

16 mm, respectively; the female did not present its right forelimb (Fig. 1A). The exposed humerus was visible most proximally to the shoulder. Around the injury, healing soft tissues were observed covering the bone, with traces of coagulated blood and blackened skin, suggesting that probably the injury was the result of a recent predation attempt (Fig. 1B). Other explanations are possible, such as having been trampled by livestock or intentionally damaged by a human; however, the injury shows a clean amputation, similar to those caused by birds, with no trace of incisors or canines (Coombs, 2016). Therefore, the loss of the limb due to a predation attempt should be the best supported hypothesis. Additionally, no trace of blood was observed around the ocular region, suggesting that the organism may not have used blood-squirting as a defense strategy (Sherbrooke, 2022). Despite the injury, the lizard displayed an active mobility with bright coloration and no other apparent abnormalities affecting

its behavior or physical condition. The lizard was taken to the laboratory for photographs of the injured area, which seemed to be healing, showing signs of scarring and the beginning of scaling in the stump formation; later, the female was released at its site of capture. Two weeks later, it was found with good health and we measured body mass = 34.58 g with a balance (precision 0.01 g), similar to the average reported by Suárez-Rodríguez et al. (2018) for gravid females in the same population (34.3 g). It appears that the anomaly did not hinder its mobility.

Although Díaz-Marín et al. (2023a) reported ectromely in a *P. orbiculare* specimen, the lifeless individual only lost part of its forelimb. Here, we present a case of amely, where an individual completely lost its right forelimb as a result of a possibly failed predation attempt that it survived. Potential predators in the study area include small mammals and birds, which tend to

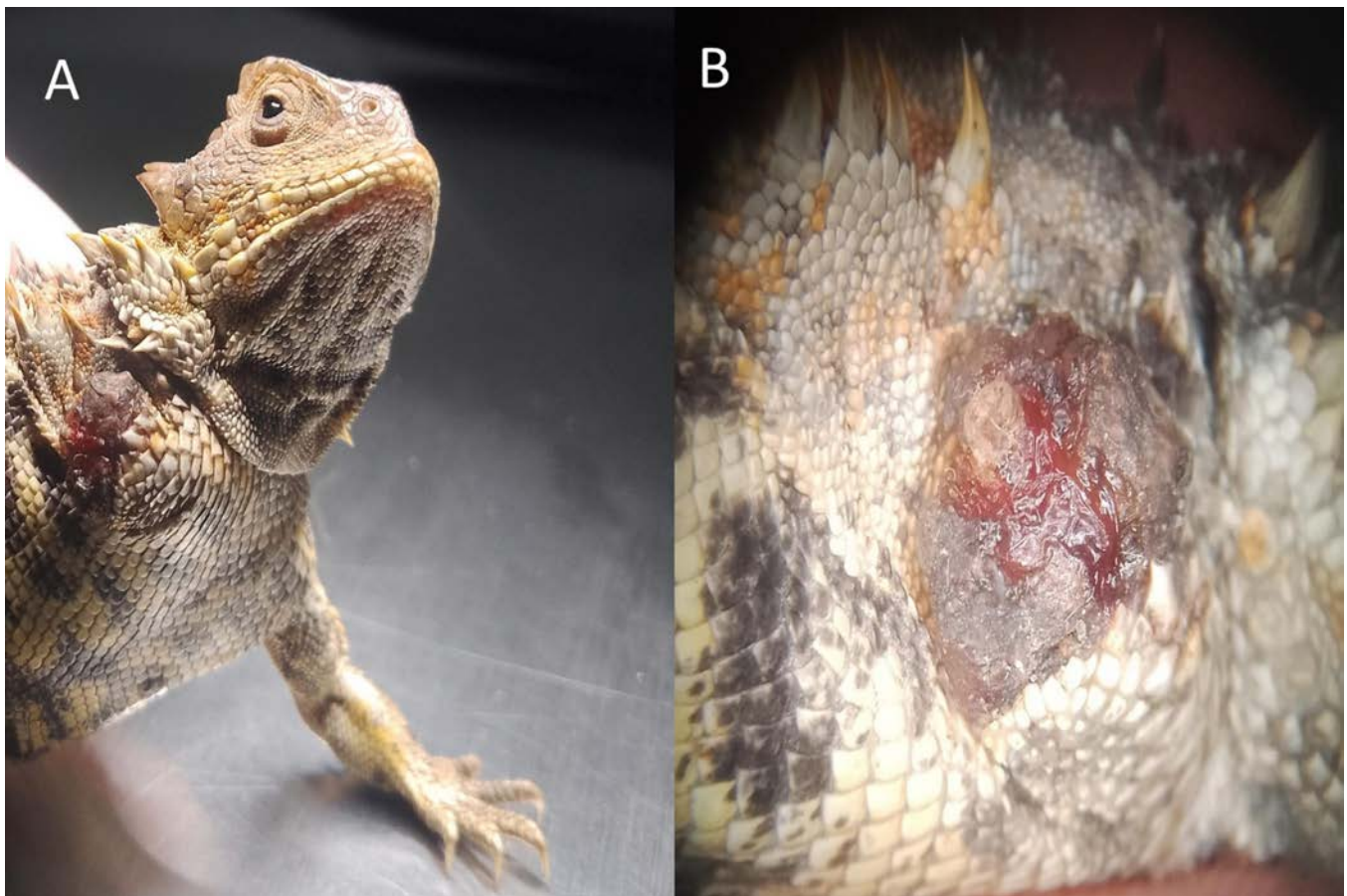


Figura 1. (A) Hembra de *Phrynosoma orbiculare* con la extremidad en cicatrización en el Parque de la Ciencia Sierra Morelos, Toluca, Estado de México. (B) Detalle de la lesión en la extremidad anterior derecha, es visible el húmero expuesto. Foto: Ivonne Tovar-Alva.

Figure 1. (A) Female of *Phrynosoma orbiculare* with forelimb in healing from Parque de la Ciencia Sierra Morelos, Toluca, State of Mexico. (B) Detail of the injury in the right forelimb, the exposed humerus is visible. Photo: Ivonne Tovar-Alva.

latch onto any part of their prey's body (Sherbrooke, 2001, 2003), particularly a recent predation event by the Loggerhead Shrike (*Lanius ludovicianus*) in *P. orbiculare*, a bird which is characterized by impaling its preys (Gómez-Benitez et al., 2023), a multiple predator events also reported in Flat-tailed Horned lizard *P. mcallii* (Lara-Resendiz et al., 2019).

Although it has been suggested that limb loss could negatively affect the mobility and performance of lizards and, therefore, their survival, the observed case demonstrates that *P. orbiculare* was able to move normally despite the amputation. This implies that the species has the ability to adapt through various defensive strategies, such as cryptic coloration, immobility, and primarily blood-squirting (Gómez-Benitez et al., 2021), to evade fatal attacks, allowing it to survive even with severe injuries. A similar case was observed in *P. cornutum*, which survived a coyote attack (Sherbrooke, 2022). Limb loss could compromise these strategies; however, survival cases have been documented in specimens with anomalies that did not affect their mobility, such as *A. costatus* with ectrodactyly (De la Rosa-Silva et al., 2023), *Basiliscus plumifrons* with amely (Mora et al., 2020), and both *Lacerta agilis* and *Zootoca vivipara* with hemimely and meromely, respectively (Kolenda et al., 2017). These species, with different foraging strategies, have survived predation attempts and anomalies. Further research is needed to determine how these injuries impact long-term survival and longevity. The analysis and quantification of these events can provide valuable insights into ecological interactions and defensive behavior in lizards facing predator attacks.

Acknowledgements.— We thanks to the Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales for the permission to collect animals (SGPA/DGVS/09444/24). We are grateful to Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), for posdoctoral scholarship to GS-V (CVU: 693584), and the Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT) for the degree scholarship “Programa Investigadoras e Investigadores COMECYT” to JCG-M (RCAT2024-0011).

LITERATURE CITED

- Bryson, R.W., U.O. García-Vázquez & B.R. Riddle. 2012. Diversification in the Mexican horned lizard *Phrynosoma orbiculare* across a dynamic landscape. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 62:87-96.
- Coombs, G. 2016. Quantifying predation pressure and the protective role of sheltered basking sites for small snakes in South Africa. *Phyllomedusa* 15:155-162.
- De La Rosa-Silva, E., A. Gómez-Benitez, D. Sánchez Manjarrez, E. Oviedo-Hernández, G. Andrade-Soto, J.M. Walker & O. Hernández-Gallegos. 2023. A brief review of limb anomalies in lizards and presence of ectrodactily in *Aspidoscelis costatus* (Squamata: Teiidae). *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:127-131.
- Díaz-Marín, C.A., T. Carmona-Zamora & A. Ramírez-Bautista. 2023a. Missing toes in the graphic spiny lizard *Sceloporus grammicus* from central Mexico. *The Herpetological Bulletin* 164:37-38.
- Díaz-Marín, C.A., T. Carmona-Zamora, C. Mendoza-Almeralla & A. Ramírez-Bautista. 2023b. First record of ectomely in *Phrynosoma orbiculare* (Squamata: Phrynosomatidae). *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:172-175.
- Gómez-Benitez, A., W.C. Sherbrooke, G. Granados-González, G. Suárez-Varón, A. Pérez-Pérez, A.E. López-Moreno & O. Hernández-Gallegos. 2021. Blood-squirt occurrence in the Mexican Plateau Horned Lizard (*Phrynosoma orbiculare*). *The Southwestern Naturalist* 65:50-52.
- Gómez-Benitez, A., P. Rivera-Díaz & O. Hernández-Gallegos. 2023. El camaleón de montaña (*Phrynosoma orbiculare*): aspectos de historia de vida y conservación. Pp. 60-65. En Ávila Akerberg, V. & T. González Martínez (Eds.), *Del Monte Baja la Vida: Historia Biocultural de la Cuenca Presa de Guadalupe*.
- Henle, K., A. Dubois & V. Vershinin. 2017. Studies on anomalies in natural populations of amphibians. *Mertensiella* 25:57-164.
- Kolenda, K., M. Wiczorek, A. Najbar, B. Najbar & T. Skawiński. 2017. Limb malformation and tail bifurcation in sand lizards (*Lacerta agilis*) and common lizards (*Zootoca vivipara*) from Poland. *Herpetology Notes* 10:713-716.
- Lara-Resendiz, R.A., J.H. Valdez-Villavicencio, A.G. Pérez-Delgadillo, H.D. Pinto-Santana & P. Galina-Tessaro. 2019. Depredación del “camaleón” de cola plana (*Phrynosoma mcallii*) por el verdugo americano (*Lanius ludovicianus*). *Revista Latinoamericana de Herpetología* 2:44-47.
- 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.
- Oviedo-Hernández, E., G. Granados-González, R.I. Rojas-González, G. Suárez-Varón, G. Andrade-Soto, J.L. Rheubert & O. Hernández-



- Gallegos. 2024. Population dynamics of the Mexican Horned Lizard (*Phrynosoma orbiculare*) in the Parque de la Ciencia Sierra Morelos, State of Mexico, Mexico. *Herpetological Conservation and Biology* 19:475-486.
- Sherbrooke, W.C. & G.A. Middendorf. 2001. Blood-squirting variability in horned lizards (*Phrynosoma*). *Copeia*, 2001:1114-1122.
- Sherbrooke, W.C. 2003. *Introduction to Horned Lizards of North America*. University of California Press, Berkeley, California, USA.
- Sherbrooke, W.C. 2022. *Phrynosoma cornutum* (Texas Horned Lizard). Predator attack survival. *Herpetological Review* 53:135-136.
- Suárez-Rodríguez, O., G. Suárez-Varón, F. Chávez-Siles, F. Pérez-Arriaga, G. Andrade-Soto, L. Aguilar-Isaac, W.C. Sherbrooke & O. Hernández-Gallegos. 2018. Masa relativa de la camada en *Phrynosoma orbiculare* (Squamata: Phrynosomatidae) en el Parque Estatal Sierra Morelos, Toluca, Estado de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 89:282- 289.



PITUOPHIS LINEATICOLLIS (SQUAMATA: COLUBRIDAE): RECORD OF MAXIMUM LENGTH IN WILDLIFE

PITUOPHIS LINEATICOLLIS (SQUAMATA: COLUBRIDAE): REGISTRO DE MÁXIMA LONGITUD EN VIDA SILVESTRE

Jesús García Grajales¹, Liliana Salinas Quintas² & Alejandra Buenrostro Silva^{1*}

¹Universidad del Mar campus Puerto Escondido. Km. 2.5, Carr. Federal Puerto Escondido-Sola de Vega, Puerto Escondido 71980, San Pedro Mixtepec, Oaxaca, México.

²Licenciatura en Zootecnia. Universidad del Mar campus Puerto Escondido. Km. 2.5, Carr. Federal Puerto Escondido-Sola de Vega, Puerto Escondido 71980, San Pedro Mixtepec, Oaxaca, México.

*Correspondence: sba_1575@yahoo.com.mx

Received: 2025-02-04. Accepted: 2025-04-23. Published: 2025-06-17.

Editor: José Manuel Serrano, México.

Resumen.— Reportamos un nuevo registro de longitud máxima para *Pituophis lineaticollis*, con base en un espécimen adulto atropellado por motocicleta en el Municipio de Santos Reyes Nopala, en la Sierra Madre del Sur, Oaxaca. La serpiente fue medida en longitud total resultando en 2,394 mm y pesando 3,600 g. Nuestro registro incrementa la longitud máxima de *P. lineaticollis* en México por 294 mm y abre la posibilidad de que existan más individuos de talla similar o incluso de mayor tamaño en la región de la Sierra Madre del Sur de Oaxaca.

Palabras clave.— Atropellamiento, Colubridae, longitud, peso.

Abstract.— We report a new record of maximum length for *Pituophis lineaticollis*, based on an adult female roadkill by motorcycle in the Municipality of Santos Reyes Nopala, in the Sierra Madre del Sur, Oaxaca. The snake was measured in total length, resulting in 2,394 mm and weighing 3,600 g. Our record increases the maximum length of *P. lineaticollis* in Mexico by 294 mm and opens the possibility that more individuals exist with similar or even larger size in the region of the Sierra Madre del Sur of Oaxaca.

Keywords.— Colubridae, length, roadkill, weight.

The genus *Pituophis* comprises seven species, five of them are distributed across Mexico (Heimes 2016), two of them are found in the state of Oaxaca, *P. deppei* and *P. lineaticollis* (McKay, 2024). The Middle American Bullsnake (*Pituophis lineaticollis*) is a large size colubrid, widely distributed from highlands of Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Puebla, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, and Guatemala (Heimes, 2016; McKay, 2024). Generally associated with pine-oak forest, arid shrublands, and cloud forest, occurring at elevations ranging from 710–3,000 m a.s.l. (Köhler, 2008; McKay, 2024).

According to Roze (1996), one of the main challenges in obtaining accurate body measurements of snakes in the wild is to have access to live specimens or find recent carcasses. Until the date of publication of this record, the maximum recorded length for *P. lineaticollis* is 2,100 mm, a measurement referenced in several field guides as Köhler (2008), Canseco-Márquez and Gutiérrez-Mayen (2010), Heimes (2016), and McKay (2024).

Herein, we report a new maximum length record for *P. lineaticollis*, based on an adult female found as roadkill on a dirt road (16° 07' 28.27" N, 97° 12' 30.01" W; 2,130 m a.s.l.) between Cerro del Aire and Santa Lucía Teotepec, municipality of Santos Reyes Nopala, in the Sierra Madre del Sur, Oaxaca. On December 11, 2024, at 17:30 h, one of us (LS) observed an adult deceased specimen of *P. lineaticollis* that had been struck by a motorcycle. The specimen was collected (SEMARNAT: DGVS/04209/24) and transferred to the Laboratorio de Colecciones Biológicas (LCB, DGVS-CC-335-OAX/23) of Universidad del Mar, Oaxaca for further analysis and documentation of measurement.

At the LCB, we identified the species as based on the characteristic dorsal pale brownish, with irregular blackish stripes on the neck and forebody, and black bands on the middle and posterior body and tail (Köhler, 2008; Heimes, 2016; McKay, 2024; Fig. 1a). The snake was measured in total length with a flexometer resulting in 2,394 mm (Snout-vent length: 1620 mm;

Tail length: 774 mm; Fig. 1b, c). To demonstrate the individual's real length and avoid speculations about size, we also compared the length of the specimen by placing the snake next to a person of known length (185 cm, Fig. 1d). The weight (Kg) of the specimen was taken by suspending it in a plastic bag attached to a scale macro line Pesola (5 Kg) resulting in 3,600 g. Photographic

evidence was deposited in the photographic digital collection of the Colección Nacional de Anfibios y Reptiles (CNAR-RF) in the Instituto de Biología at the Universidad Nacional Autónoma de México, under the code CNAR-RF-998. The individual was finally deposited (Collection number: LCB-Z-R-146) in the LCB.

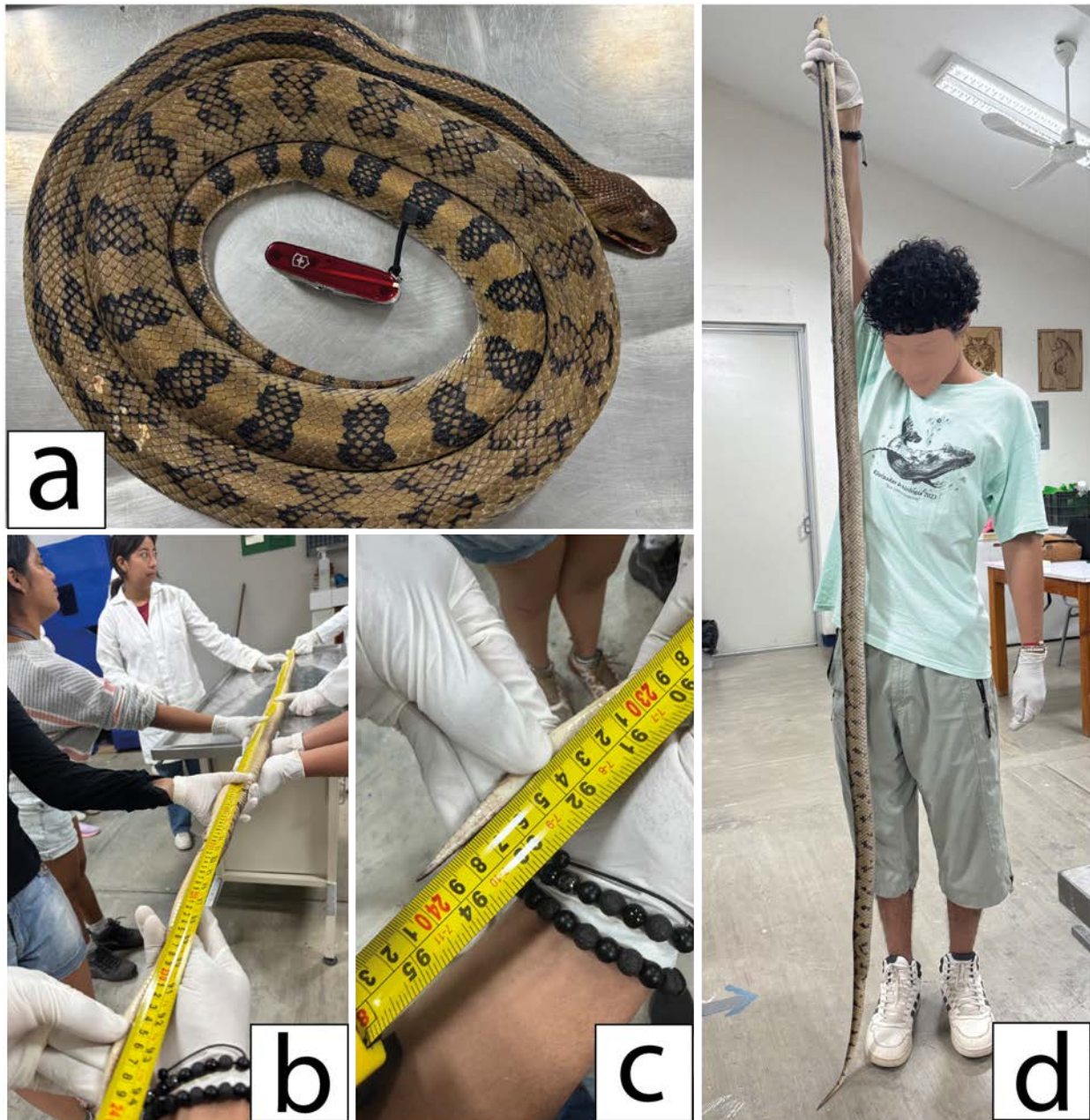


Figura 1. Registro de longitud máxima de *Pituophis lineaticollis* en la Sierra Madre del Sur, Oaxaca. a) características morfológicas del ejemplar, b y c) evidencia de longitud total, d) imagen comparativa de la longitud del ejemplar al colocar la serpiente junto a una persona de longitud conocida (185 cm). Fotos: Jesús García Grajales.

Figure 1. Record of maximum length of *Pituophis lineaticollis* in the Sierra Madre del Sur, Oaxaca. a) morphological characteristics of specimen, b and c) evidence of total length, d) comparative image of the length of the specimen by placing the snake next to a person of known length (185 cm). Photos: Jesús García Grajales.

A systematic inspection of the digestive, respiratory, and reproductive systems was carried out to assess for macroscopic lesions. During the internal examination, we determined that the specimen was a female, and there were evident anomalies of broken bones and damaged blood vessels in the first third of the body, coinciding with a motorcycle impact. No significant injuries were detected in the remaining organs. The stomach and intestines were empty.

To the best of our knowledge, there are no published records in total length for this species above 2,100 mm. Therefore, our record herein increases the maximum length of *P. lineaticollis* by 294 mm, and because this region has been underexplored (DeSantis et al. 2018), there is a possibility that exist individuals with greater lengths in the region of the Sierra Madre del Sur of Oaxaca, Mexico.

Acknowledgements.— We give thanks to Universidad del Mar for its logistical support. The collection of the specimen was under the protection of research permits of Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT: DGVS/04209/24). JGG and ABS thanks the Sistema Nacional de Investigadores (SNII) for its recognition and support.

LITERATURE CITED

- Canseco-Márquez, L. & M.G. Gutiérrez-Mayen. 2010. Guía de Campo de los Anfibios y Reptiles del Valle de Zapotitlán, Puebla. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F., México.
- DeSantis, E. García-Padilla, L.D. Wilson & V. Mata-Silva. 2016. Conservation of herpetofauna in disturbed habitats: Perspectives from short-term surveys in the Sierra Madre del Sur, Oaxaca, Mexico. Pp. 5-32. In Ramírez-Bautista, A. & R. Pineda-López (Eds.), Ecología y Conservación de Fauna en Ambientes Antropizados. 1st Edition, REFAMA-CONACYT-UAQ, Querétaro, México.
- Heimes, P. 2016. Herpetofauna Mexicana. Vol. I. Snakes of Mexico. 1st Edition, Editorial Chimaira, Frankfurt am Main, Germany.
- Köhler, G. 2008. Reptiles of Central America. 2nd Edition, Editorial Herpeton Verlag, Offenbach, Germany.
- McKay, J.L. 2024. Reptiles of Oaxaca. Turtles, Crocodiles, Lizards and Snakes Of Mexico's Most Diverse State. Editorial Chimaira, Frankfurt am Main, Germany.
- Roze, J.A. 1996. Coral Snakes of the Americas: Biology, Identification, and Venomous. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, USA.



DISTRIBUCIÓN Y ACTIVIDAD VOCAL DE LA RANA INVASORA *ELEUTHERODACTYLUS JOHNSTONEI* (ANURA: ELEUTHERODACTYLIDAE) EN IBAGUÉ-COLOMBIA

DISTRIBUTION AND VOCAL ACTIVITY OF THE INVASIVE FROG *ELEUTHERODACTYLUS JOHNSTONEI* (ANURA: ELEUTHERODACTYLIDAE) IN IBAGUÉ-COLOMBIA

Mariana Polo-Cardoso¹, Heidy Alejandra Granada-Delgado¹ & Manuel Hernando Bernal-Bautista^{1*}

¹Grupo de investigación en Herpetología, Eco-Fisiología y Etología (GHEE), Universidad del Tolima, Ibagué-Tolima, Colombia.

*Correspondence: mhbernal@ut.edu.co

Received: 2025-02-18. Accepted: 2025-03-24. Published: 2025-06-17.

Editor: Anyelet Valencia-Aguilar, Colombia.

Resumen.— Las especies invasoras representan una amenaza significativa para la biodiversidad, compitiendo por recursos y transmitiendo patógenos causantes de enfermedades. La rana *Eleutherodactylus johnstonei*, originaria de las Antillas Menores, se ha convertido en una especie invasora en varios países, incluido Colombia. Este estudio se realizó para determinar la distribución actual y el patrón de actividad vocal nocturna de *E. johnstonei* en la ciudad de Ibagué, Colombia, y sus alrededores. Se realizaron recorridos nocturnos en varias localidades para identificar su distribución. Seleccionamos seis viveros de la ciudad para grabar los cantos de los individuos utilizando una grabadora AudioMoth® durante dos minutos cada 10 minutos durante un período de 14 horas continuas (17:00 – 7:00 h) y cinco días, tanto en la época seca como en la lluviosa. También medimos las variables climáticas de temperatura y humedad relativa en estos sitios. Encontramos a *E. johnstonei* en 47 localidades de Ibagué, 18 en viveros y 29 en jardines de conjuntos residenciales, edificios o escuelas. Comparando estos datos con reportes previos, observamos una importante expansión geográfica de esta especie en Ibagué. Además, descubrimos que la actividad vocal nocturna más significativa de *E. johnstonei* comenzó a las 18:00 h y disminuyó alrededor de las 02:00 h durante la época lluviosa, mientras que la actividad varió ligeramente durante la época seca. La actividad vocal de *E. johnstonei* permite un monitoreo continuo de esta especie invasora y podría utilizarse para identificar su expansión geográfica y así desarrollar estrategias efectivas de control poblacional.

Palabras clave.— Anfibios, comportamiento vocal, especies introducidas, monitoreo acústico.

Abstract.— Invasive species pose a significant threat to biodiversity, competing for resources and transmitting disease-causing pathogens. The frog *Eleutherodactylus johnstonei*, originally from the Lesser Antilles, has become an invasive species in several countries, including Colombia. This study was conducted to determine the current distribution and nocturnal vocal activity pattern of *E. johnstonei* in the city of Ibagué, Colombia, and its surrounding areas. Nocturnal surveys were carried out in various locations to identify its distribution. We selected six nurseries in the city to record the songs of individuals using an AudioMoth® recorder for two minutes every 10 minutes over a period of 14 continuous hours (17:00 – 7:00 h) and five days, both in the dry and rainy seasons. We also measured the climatic variables of temperature and relative humidity at these sites. We found *E. johnstonei* in 47 locations in Ibagué, 18 in nurseries and 29 in gardens of residential complexes, buildings or schools. Comparing these data with previous reports, we observed a significant geographic expansion of this species in Ibagué. Furthermore, we discovered that the most significant nocturnal vocal activity of *E. johnstonei* began at 18:00 h and decreased around 02:00 h during the rainy season, while the activity varied slightly during the dry season. The vocal activity of *E. johnstonei* allows for continuous monitoring of this invasive species and could be used to identify its geographic expansion and thus develop effective population control strategies.

Keywords.— Acoustic monitoring, amphibians, introduced species, vocal behavior.

INTRODUCCIÓN

La actividad humana amenaza de múltiples maneras a la biodiversidad, y una de estas es la introducción de especies invasoras (Primack & Vidal, 2019). Estas especies tienden a establecerse fácilmente en nuevas zonas. Además, se propagan y aumentan rápidamente en número, lo que conlleva diversos efectos negativos, como la perturbación de redes tróficas, la aparición de epidemias, la competencia por recursos, la extinción de especies nativas y la degradación de la calidad humana (Kraus, 2009; Primack & Vidal, 2019).

La rana *Eleutherodactylus johnstonei*, nativa de las Antillas Menores (Leonhardt et al., 2019), ha experimentado una de las mayores expansiones geográficas entre las especies invasoras de anfibios, sólo superada por *Rhinella marina* y *Lithobates catesbeianus* (Leonhardt et al., 2019). A nivel global, *E. johnstonei* se encuentra como especie invasora en 12 países: Dominica, San Vicente y las Granadinas, Guyana, Barbados, Costa Rica, Granada, Panamá, Jamaica, Santa Lucía, Venezuela, Trinidad y Tobago, y Colombia (Global Register of Introduced and Invasive species [GRIIS], 2022). En Suramérica, Kaiser y colaboradores (2002) indican la expansión de esta especie en Guyana, Guayana Francesa, Venezuela y Colombia.

En Colombia, se considera que *E. johnstonei* ingresó por la ciudad de Barranquilla alrededor del año 1980 (Montes & Bernal, 2012), posiblemente debido al comercio de plantas ornamentales (Leonhardt et al., 2019). Leonhardt y colaboradores (2019) reportaron por primera vez la presencia de *E. johnstonei* en los siguientes 10 municipios del país: Barranquilla (Atlántico), Bucaramanga (Santander), Cali (Valle del Cauca), Cartagena (Bolívar), Santa Marta (Magdalena), Medellín (Antioquia), Fusagasugá (Cundinamarca), Popayán (Cauca), Mariquita e Ibagué (Tolima). Posteriormente, Vera-Pérez et al. (2021) registraron la presencia de esta rana en otros dos municipios: Santander de Quilichao (Cauca) y La Plata (Huila). Especialmente en la ciudad de Ibagué, Gómez-Martínez y colaboradores (2016) reportaron la presencia de esta rana invasora en viveros y en barrios de estrato alto, e indicaron que los viveros podrían ser los responsables de la llegada de *E. johnstonei* a este municipio y su posterior distribución en zonas residenciales.

El éxito colonizador de *E. johnstonei* parece estar relacionado con su dieta generalista, su tolerancia a la deshidratación y elevadas temperaturas, así como su desarrollo directo y cuidado parental (Meza-Joya et al., 2017). Su tipo de desarrollo directo se considera una de las características que le permite colonizar una amplia variedad de microhábitats, incluyendo aquellos sin

cuerpos de agua permanentes (Ortega et al., 2005; Meza-Joya et al., 2017).

En Ibagué, investigadores han identificado a los viveros como posibles focos de dispersión de *E. johnstonei* (Gómez-Martínez et al., 2016), ya que estas instalaciones albergan una gran diversidad de plantas ornamentales provenientes de diferentes regiones, cuyo manejo ofrece condiciones de humedad y refugio ideales para la reproducción y desarrollo de esta especie (Leonhardt et al., 2019). Adicionalmente, la alta densidad de plantas y la presencia de hojarasca proporcionan microhábitats adecuados para la oviposición y el desarrollo de las crías (Meza-Joya et al., 2017).

La especie *E. johnstonei* ha sido utilizada como modelo biológico en diversos trabajos sobre reproducción (Ortega et al., 2005), tasas de desarrollo embrionario (Bernal, 2009), fecundidad y fertilidad (Guayara & Bernal, 2012), tolerancia térmica (Bernal & Lynch, 2013), hábitos alimenticios (Hernández, 2014) e incluso toxicidad de agroquímicos (Meza-Joya et al., 2017). No obstante, pocas investigaciones se han enfocado en estudiar la extensión de su distribución local, aun cuando la introducción y propagación de especies exóticas e invasoras, como *E. johnstonei*, representa una amenaza para la biodiversidad.

El canto de *E. johnstonei* oscila entre los 2,000-3,500 Hz (Watkins et al., 1970). La actividad vocal inicia al atardecer y termina después de medianoche (Gómez-Martínez et al., 2016). Sin embargo, no se han registrado datos sobre el patrón de actividad vocal nocturno, por lo que se requiere una descripción sobre las horas y picos de actividad. Esta información resulta importante porque el canto de estos individuos impacta negativamente a los residentes de los lugares en donde habitan, ya que interrumpe su sueño y puede causarles estrés crónico (Melo et al., 2014). Incluso, puede generar daños socioeconómicos debido a la devaluación de los predios (Melo et al., 2014). Además, también puede afectar los canales de comunicación de especies locales, reduciendo su éxito reproductivo, como se ha reportado en *Lithobates catesbeianus* (Both & Grant, 2012).

Por lo anterior, este trabajo pretende aportar información sobre la biología de la rana invasora *E. johnstonei* localizada en la ciudad de Ibagué, Tolima, Colombia. En particular, se espera identificar las poblaciones de *E. johnstonei* en el área urbana de Ibagué y sus centros poblados, con el fin de establecer su distribución actual. También, se busca identificar el patrón de actividad vocal nocturna de esta especie durante la época seca y

de lluvia, específicamente las horas de inicio y fin, así como las horas de mayor actividad vocal nocturna.

MÉTODOS

Especie de estudio. *Eleutherodactylus johnstonei* Barbour, 1914, también conocida como la rana silbadora Johnstone (Fig. 1), es una especie de pequeño tamaño; los machos miden alrededor de 25 mm, mientras que las hembras alcanzan los 35 mm (Ortega et al., 2005). Estos anuros se reproducen durante todo el año a través de un desarrollo directo, su etapa embrionaria dura aproximadamente 15 días y alcanzan la madurez sexual cuando los individuos machos llegan a medir alrededor de 17-29 mm, y las hembras entre los 23-32 mm (Ortega et al., 2005). Área de estudio. Este trabajo se llevó a cabo en el área urbana de Ibagué y en los centros poblados aledaños a la ciudad. La ciudad de Ibagué se encuentra en el departamento del Tolima, Colombia (Fig. 2), en las coordenadas geográficas 4.43537° N, 75.26420° W, a una altitud alrededor de 1,285 m, con un rango de temperatura

anual entre 17 y 28 °C (Alcaldía Municipal de Ibagué, 2023). La extensión urbana abarca aproximadamente 100 km² y está distribuida en 13 comunas: Centro, Calambeo, San Simón, Piedra Pintada, Jordán, Vergel, Salado, Simón Bolívar, Picalaña-Mirolindo, Estadio, Ferias, Ricaurte y Boquerón. Entre los centros poblados aledaños a la ciudad de Ibagué se encuentran: Juntas, Villa Restrepo, Cay, Coello-Cocora, Totumo, Buenos Aires y San Bernardo (Fig. 2) (Alcaldía Municipal de Ibagué, 2023).

Registro de la distribución de *E. johnstonei* en el área de estudio. Para establecer la distribución de *E. johnstonei* en el área urbana de Ibagué y centros poblados aledaños a la ciudad, tuvimos en cuenta que esta especie es de actividad vocal nocturna (Gómez-Martínez et al., 2016). Por esto, en jornadas entre las 18:00 h y las 22:00 h, realizamos recorridos en busca de esta rana en las 13 comunas de la ciudad y en 7 centros poblados con un equipo de dos personas, utilizando el método de búsqueda libre por encuentro visual y acústico (Sánchez et al., 2023). Especialmente, hicimos la revisión en los hábitats típicos para esta especie,



Figure 1. Image of the study species *Eleutherodactylus johnstonei*. Photo: Heidy Granada.

Figura 1. Imagen de la especie de estudio *Eleutherodactylus johnstonei*. Foto: Heidy Granada.

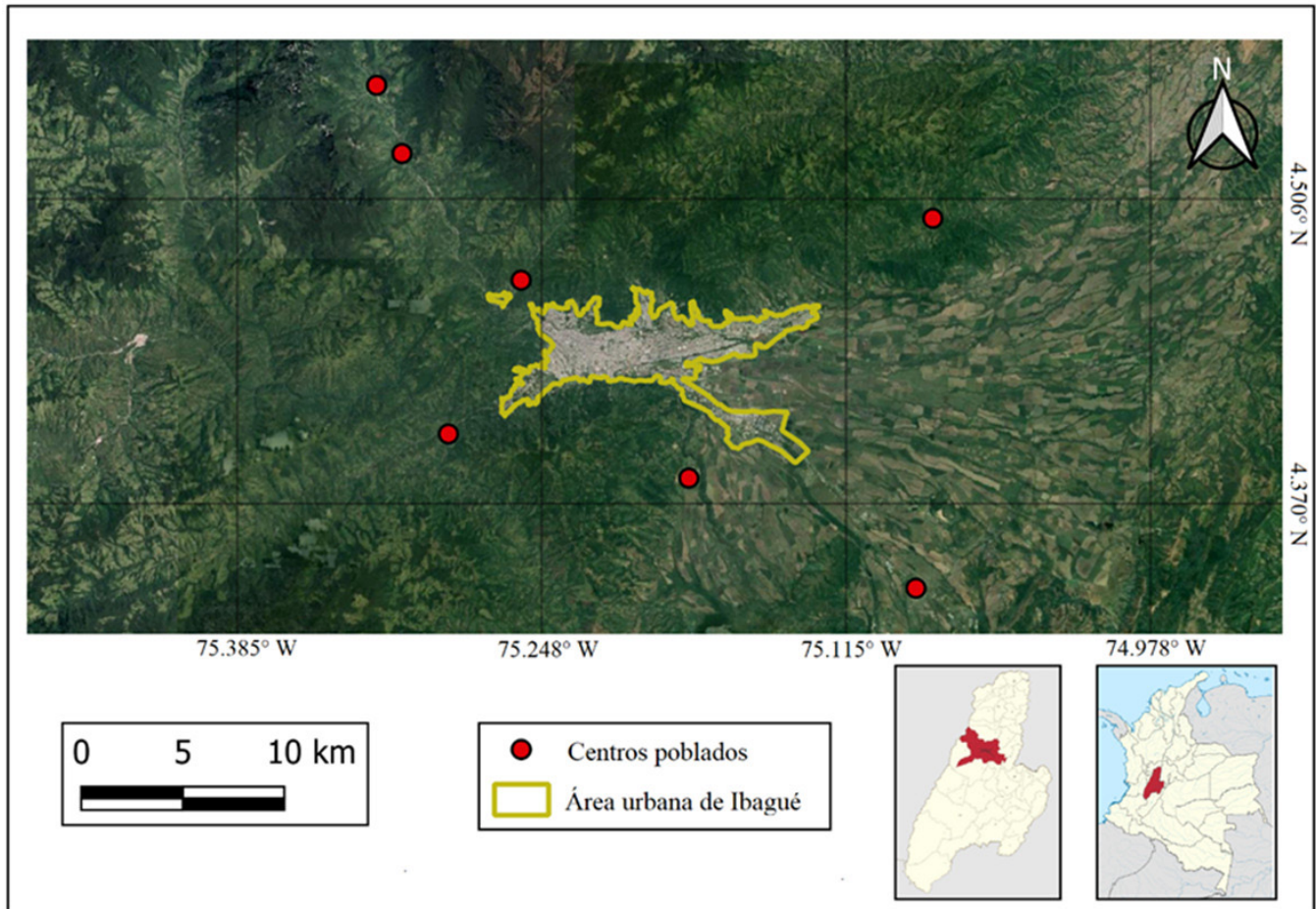


Figure 2. Urban area of Ibagué, Tolima, and the population centers surrounding the city where the study was conducted.

Figura 2. Zona urbana de Ibagué, Tolima, y los centros poblados aledaños a la ciudad en donde se realizó el estudio.

como viveros, parques principales y conjuntos residenciales con amplias zonas verdes. Durante cada recorrido comprobamos la presencia de *E. johnstonei* mediante su registro acústico o visual. En el caso de no escuchar ni ver a algún individuo, realizamos una espera durante 30 minutos. Adicionalmente, realizamos hasta tres visitas en cada sitio para comprobar la presencia o ausencia de la especie. Con los registros obtenidos sobre la localización de *E. johnstonei* en el área urbana de la ciudad de Ibagué y centros poblados aledaños, elaboramos un mapa por medio de QGIS para establecer su distribución actual. También, utilizamos esta información para hacer una comparación con los datos previamente reportados por Gómez-Martínez et al. (2016) para esta especie. Registro del patrón de actividad vocal nocturna de *E. johnstonei*. Para el registro de los datos sobre el patrón de actividad vocal nocturna de *E. johnstonei*, seleccionamos seis viveros en diferentes zonas de la ciudad de Ibagué: un vivero localizado en cada una de las Comunas 1, 4, 9, y el corregimiento el Totumo, y dos viveros localizados en la comuna 6 (Apéndice 1).

Estos viveros se escogieron teniendo en cuenta que estuvieran distanciados por al menos 2 km, y que la especie vocalizara frecuentemente. En cada lugar registramos el canto de los individuos con la ayuda de una grabadora portátil de monitoreo acústico pasivo (Audiomoth® 1.2.0), que fue programada con una tasa de grabación de dos minutos cada 10 minutos, por 14 horas continuas (desde las 17:00 hasta las 7:00 h), durante cinco días para cada una de las dos épocas del año, una seca y otra de lluvia. Almacenamos las grabaciones de cada lugar en formato .WAV (rango de frecuencia 32 KHz). Adicionalmente, por cada sitio, registramos las variables climáticas de temperatura ambiental y humedad relativa, mediante un registrador automático HOBO® U23 Pro v2. Ubicamos los equipos aproximadamente a 2 m de altura del suelo y en el centro de los viveros. Para el análisis de la actividad vocal de *E. johnstonei*, revisamos cada grabación individualmente utilizando el software Raven 1.6 (Buitrago et al., 2023). Posteriormente, seguimos la metodología propuesta por Bridges y Dorcas (2000) para reportar la

presencia y abundancia de los organismos vocalizando. En este estudio, categorizamos la actividad vocal de la siguiente manera: actividad 0 = ningún macho vocalizando; actividad 1 = un macho vocalizando (nivel bajo); actividad 2 = de dos a cinco machos vocalizando con algunos espacios entre los llamados (nivel medio); actividad 3 = seis o más machos vocalizando en un coro constante y continuo (nivel alto). Debido a la naturaleza de los datos categóricos a analizar, utilizamos la mediana para comparar estadísticamente la actividad vocal de los anuros por cada hora de grabación, desde las 17:00 h hasta las 07:00 h, entre la época seca como de lluvia, a través de la prueba de signo, ya que los datos no cumplieron los supuestos de las pruebas paramétricas. También, utilizamos varias correlaciones de Spearman para establecer la asociación entre la temperatura ambiental y la humedad relativa, así como entre la actividad vocal nocturna de las ranas con la temperatura ambiental y con la humedad relativa, tanto para la época seca como para la época de lluvia. Estos análisis se realizaron en los programas de libre acceso Infostat versión 2020e y Excel v2402.

RESULTADOS

Distribución de *E. johnstonei* en Ibagué-Tolima. En este trabajo identificamos 47 lugares con la presencia de *E. johnstonei* en la ciudad de Ibagué, como se muestra en la figura 3 y se describen en el apéndice 1. De estos lugares, 18 fueron viveros y los 29 lugares restantes incluyeron parques, jardines de conjuntos residenciales, restaurantes o colegios. Estos lugares se encontraban distribuidos en aproximadamente 20 barrios de la ciudad y siete fuera de la zona urbana. De estos siete lugares fuera de la zona urbana, seis fueron viveros situados en el corregimiento del Totumo y uno en el corregimiento de Villa Restrepo.

Patrón de actividad vocal nocturna en *E. johnstonei*. Obtuvimos 2,520 grabaciones por época en los seis viveros muestreados (indicados en el Apéndice 1). Con estos registros encontramos que la actividad vocal nocturna de la especie durante la época de lluvia empezó a las 18:00 h, con el máximo nivel de actividad

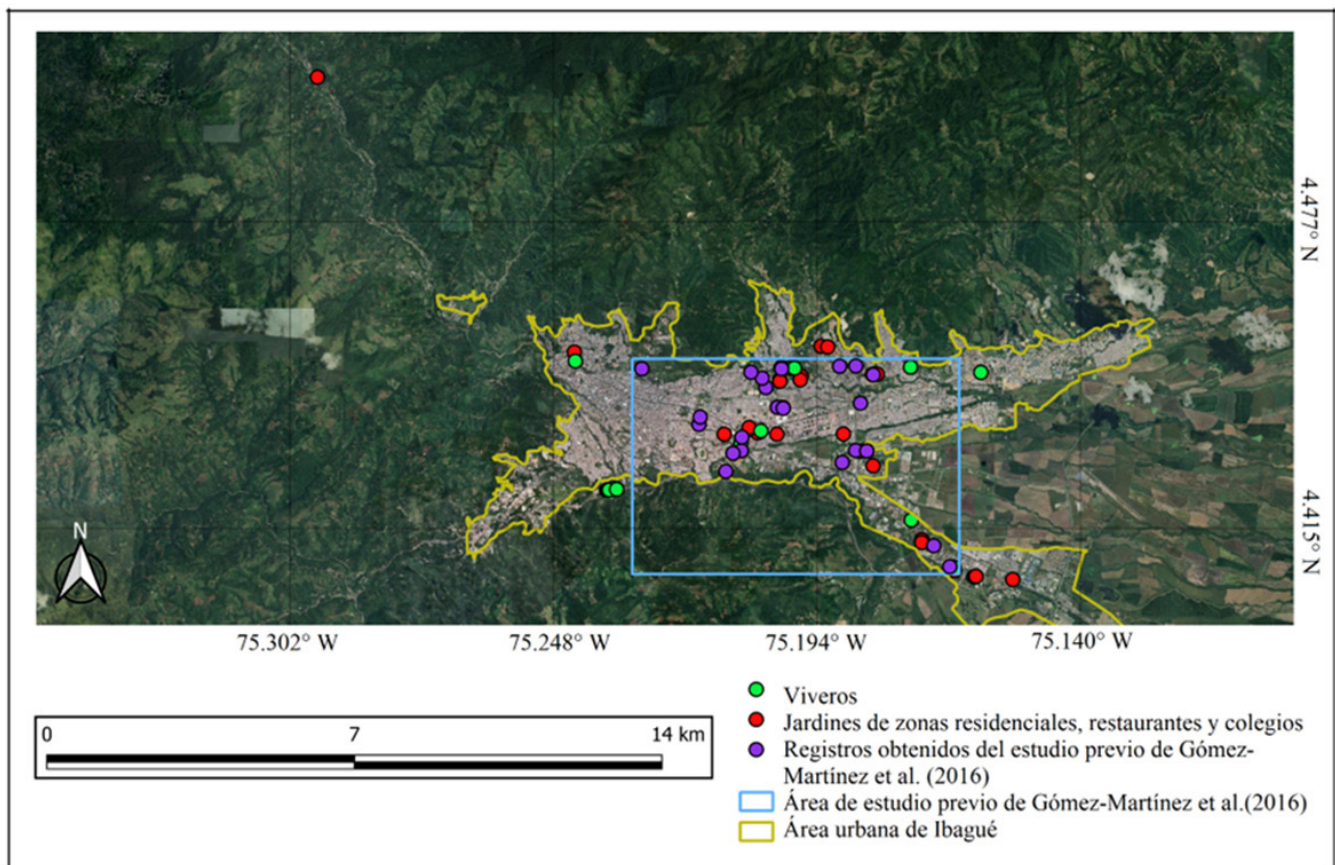


Figure 3. Sites with presence of *Eleutherodactylus johnstonei* in the urban area of Ibagué reported by Gómez-Martínez et al. (2016), and in the present study.

Figura 3. Lugares con presencia de *Eleutherodactylus johnstonei* en el área urbana de Ibagué reportados por Gómez-Martínez et al. (2016), y en el presente estudio.

(actividad 3), manteniéndose así hasta la 01:00 h. A partir de las 02:00 h, la actividad empezó a decrecer y cesó completamente a las 06:00 h (Fig. 4). En la época seca, los datos obtenidos en los mismos seis viveros mostraron que los animales empezaron a cantar a las 18:00 h, pero en un nivel de actividad medio (actividad 2). Luego, a las 19:00 h, el grupo alcanzó el máximo nivel de actividad grupal (actividad 3), manteniendo este nivel hasta las 00:00 h. Posteriormente, su actividad vocal empezó a decrecer a partir de la 01:00 h, cesando completamente a las 04:00 h (Fig. 4). Este patrón de actividad vocal nocturna fue estadísticamente significativo para cada una de las dos temporadas (Prueba del Signo, $P < 0.031$).

Por otra parte, en relación con los dos parámetros ambientales medidos en los viveros durante el registro de la actividad vocal nocturna de las ranas, observamos una correlación negativa entre la humedad relativa y la temperatura ambiental, tanto en la época de lluvia (correlación de Spearman, $r = -0.91$, $P < 10^{-4}$) como en la época seca (correlación de Spearman, $r = -0.96$, $P < 10^{-4}$). Sin embargo, no encontramos una correlación significativa entre estos dos parámetros ambientales y la actividad de canto, ni para la época de lluvia (humedad relativa: correlación de Spearman, $r = -0.29$, $P = 0.32$; temperatura: correlación de Spearman, $r = 0.48$, $P = 0.09$), ni para la época seca (humedad relativa: correlación de Spearman, $r = -0.48$, $P = 0.08$; temperatura: correlación de Spearman, $r = 0.48$, $P = 0.08$). Finalmente, no hubo diferencias en la temperatura ambiental de los viveros muestreados entre la época seca y de lluvia (Wilcoxon $Z = -1.29$, $P = 0.23$), pero sí en la humedad relativa, la cual fue mayor en la época de lluvia que en la seca (Wilcoxon $Z = -2.04$, $P = 0.05$).

DISCUSIÓN

Distribución de *E. johnstonei* en Ibagué-Tolima. En el presente trabajo establecimos la distribución actual de la rana invasora *E. johnstonei* y determinamos su patrón de actividad vocal nocturna, en la ciudad de Ibagué-Tolima, Colombia. En comparación con el trabajo de Gómez-Martínez et al. (2016), donde documentaron 22 localidades de esta especie dentro del área urbana de Ibagué, en este estudio registramos 40 lugares con presencia de *E. johnstonei* en la zona urbana, además de 7 lugares en los centros poblados aledaños, alcanzando un total de 47 localidades (Fig. 3).

Este aumento en la distribución de *E. johnstonei* podría estar relacionado con un muestreo más extensivo hecho en la zona urbana de la ciudad y los centros poblados que la rodean. También, se podría atribuir al incremento en el número de los viveros de la ciudad, los cuales son considerados como responsables en gran parte de la introducción de esta especie en las ciudades (Leonhardt et al., 2019). Finalmente, es posible que estos animales, con el transcurrir del tiempo, se hayan dispersado entre distintos lugares cercanos, como viveros o jardines, aumentando su rango de distribución en la ciudad y zonas aledañas, aunque los datos sobre la capacidad de dispersión de esta especie muestran que presenta restricciones al migrar desde sus sitios originales de introducción (Schwartz & Fowler, 1973).

Patrón de actividad vocal nocturna *E. johnstonei*. En relación con la actividad vocal de esta especie, Gómez-Martínez et al. (2016) mencionan que *E. johnstonei* inicia su vocalización al

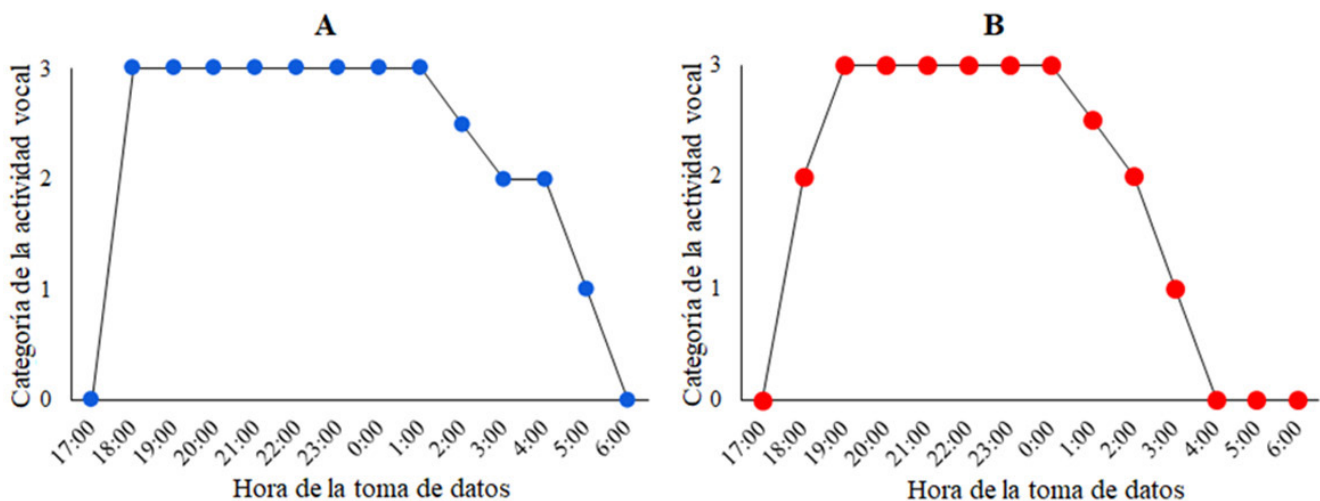


Figure 4. Level of nocturnal vocal activity of *Eleutherodactylus johnstonei* during the rainy (A) and dry (B) season. 0 = no vocal activity, 1 = low level, 2 = medium level and 3 = high level.

Figura 4. Nivel de la actividad vocal nocturna de *Eleutherodactylus johnstonei* durante la época de lluvia (A) y seca (B). 0 = ninguna actividad vocal, 1 = nivel bajo, 2 = nivel medio y 3 = nivel alto.

atardecer y continúa hasta después de la medianoche. Sin embargo, no proporcionan más información sobre la actividad vocal de la especie. Específicamente, nosotros observamos que la duración de la actividad vocal grupal de estas ranas fue significativamente más prolongada durante la época de lluvia en comparación con la época seca (Fig. 4), lo que podría relacionarse con un incremento en las precipitaciones y la humedad relativa durante la época de lluvia, las cuales se conoce que influyen en la actividad vocal de los anuros (Duellman & Trueb, 1994; Wells, 2007).

No obstante, la humedad relativa y la temperatura no estuvieron correlacionados de manera significativa con el nivel de la actividad vocal nocturna de *E. johnstonei* (niveles 0, 1, 2 y 3). Este resultado podría explicarse en gran parte por las condiciones artificiales de los lugares en donde se midió la actividad vocal, los cuales fueron viveros comerciales. Estos viveros, de acuerdo con nuestras observaciones, eran frecuentemente asperjados con agua para mantener la humedad del lugar, además presentaban una polisombra que evitaba las temperaturas altas durante el día. Posiblemente, por esta razón no encontramos en este estudio diferencias en la temperatura ambiental entre la época de lluvia y la época seca, en donde se asperjó con mayor frecuencia. Sin embargo, debido a las condiciones naturales de mayores precipitaciones durante la época de lluvia, sí encontramos una humedad relativa mayor en esta temporada en comparación con la época seca.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo identificamos 47 localidades con la presencia de *E. johnstonei* en el área urbana de Ibagué y poblados cercanos. Estos datos demuestran la amplia expansión de esta especie invasora en la ciudad. También, reportamos que la mayor actividad vocal nocturna (nivel alto) de la especie fue ligeramente más prolongada en la época de lluvia, puesto que comenzó hacia las 18:00 h y disminuyó alrededor de las 02:00 h, en contraste con la época seca, que inició hacia las 19:00 h y decreció a partir de la 01:00 h. Dado los resultados aquí presentados, es importante continuar con los monitoreos de esta especie para identificar su distribución, expansión y un posible control poblacional que evite su propagación. Entre estas medidas de control se pueden considerar la implementación de políticas de inspección frecuente a los viveros que tienen esta especie invasora, a la compra y venta de plantas provenientes de viveros, así como la capacitación y sensibilización tanto de vendedores como de compradores para abordar esta problemática. Esta capacitación es importante debido a que los organismos invasores representan una competencia perjudicial para las especies nativas. Además,

por su canto nocturno ruidoso y repetitivo, afectan la condición de bienestar de las personas en donde habitan.

Agradecimientos.— Los autores agradecen al Fondo de Investigaciones de la Universidad del Tolima por financiar este proyecto. También expresan su agradecimiento a la empresa Andígena ID+ por el préstamo de las grabadoras AudioMoth®, así como a todas las personas que facilitaron el acceso a los siguientes viveros de la ciudad de Ibagué: La Pola, El Paraíso de las Orquídeas, Ambalá, Bella Sombra, Los Arroyuelos y La Primavera. Adicionalmente, agradecen a los miembros del Grupo de Investigación en Herpetología, Eco-fisiología y Etología (GHEE) de la Universidad del Tolima, especialmente a Katalina Gutiérrez y María Triana, y a Alejandro Prada Arias por su valiosa colaboración.

Aspectos éticos.— Durante el desarrollo de este trabajo, los investigadores registraron a los individuos de la especie en estudio mediante identificación acústica y visual, sin que esto implicara la manipulación de los mismos ni la realización de experimentos con ellos. Por lo tanto, no fue necesario contar con la aprobación del comité de bioética.

LITERATURA CITADA

- Alcaldía Municipal de Ibagué. 2025. Localización. <https://ibague.gov.co/portal/seccion/contenido/index.php?type=3&cnt=53#gsc> [Consultado en febrero de 2025].
- Bernal, M.H. 2009. Temperatura y tasas de desarrollo embrionario en anuros: relación con su modo reproductivo, microhábitat y distribución altitudinal. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas* 1:20-30.
- Bernal, M.H. & J. Lynch. 2013. Thermal tolerance in anuran embryos with different reproductive modes: relationship to altitude. *The Scientific World Journal* 2023:1-7.
- Both, C. & T. Grant. 2012. Biological invasions and the acoustic niche: the effect of bullfrog calls on the acoustic signals of white-banded tree frogs. *Biology Letters* 8:714-716.
- Bridges, A.S. & M.E. Dorcas. 2000. Temporal variation in anuran calling behavior implications for surveys and monitoring programs. *Copeia* 2:587-592.
- Buitrago, A., Á.M. Mendoza-Henao, D. Marín-Zúñiga, D. Martínez-Medina, E. Barona-Cortés, H.E. Pantoja-Sánchez & A.M.F. Forero-Cano. 2022. Protocolo para toma de medidas de grabaciones focales en espectro audible utilizando el programa Raven

- (Versión 1.6.) / Colección de Sonidos Ambientales. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- Duellman, W.E. & L. Trueb. 1994. Biology of Amphibians. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, Maryland, USA.
- Ericson, J.A. 2006. Técnicas de monitoreo para el manejo de especies invasoras. Pp. 159-165. En R.M. del Pont Lalli (Ed.), Especies, Espacios y Riesgos: Monitoreo para la Conservación de la Biodiversidad. Instituto Nacional de Ecología, México, D.F., México.
- Goldberg, S.R., C.R. Bursey & R. Tawil. 1995. Gastrointestinal helminths of *Eleutherodactylus johnstonei* (Leptodactylidae) from Bermuda. *Journal of Helminthology* 62:67-69.
- Gómez-Martínez, M.J., J. Llano-Mejía & Á.M. Cortés-Gómez. 2016. Presencia de *Eleutherodactylus johnstonei* (Anura: Eleutherodactylidae) en Ibagué, Tolima, Colombia: el papel de los viveros comerciales. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural* 20:164-170.
- Global Register of Introduced and Invasive species. 2022. Checklist.
- Guayara-Barragán, M.G. & M.H. Bernal. 2012. Fecundidad y fertilidad en once especies de anuros colombianos con diferentes modos reproductivos. *Caldasia* 34:483-496.
- Hernández, O.D. 2014. Hábitos alimenticios de una población de *Eleutherodactylus johnstonei* en una zona a las orillas del río Meléndez, al sur de Cali, Valle del Cauca. *Revista de Ciencias* 18:153-160.
- Kaiser, H., C.L. Barrio-Amoros, J.D. Trujillo & J.D. Lynch. 2002. Expansion of *Eleutherodactylus johnstonei* in northern South America: rapid dispersal through human interactions. *Herpetological Review* 33:290-293.
- Kraus, F. 2009. Alien Reptiles and Amphibians. (Vol. 4). *Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology*. Springer, Cham, Switzerland.
- Leonhardt, F., J.D. Jimenez-Bolaño & R. Ernst. 2019. Whistling invaders: Status and distribution of Johnstone's Whistling frog (*Eleutherodactylus johnstonei* Barbour, 1914), 25 years after its introduction to Colombia. *NeoBiota* 45:39-54.
- Melo, M.A., M.L. Lyra, A.M. Brischì, V.C. Geraldi & C.F. Haddad. 2014. First record of the invasive frog *Eleutherodactylus johnstonei* (Anura: Eleutherodactylidae) in São Paulo, Brazil. *Salamandra* 50:177-180.
- Meza-Joya, F.L., M.P. Ramírez-Pinilla & J.L. Fuentes-Lorenzo. 2017. The direct-developing frog *Eleutherodactylus johnstonei* (Eleutherodactylidae) as a biological model for the study of toxic, cytotoxic, and genotoxic effects of agrochemicals. Pp. 211-227. En M.L. Larramendy (Ed.), *Ecotoxicology and Genotoxicology: Non-traditional Terrestrial Models*. Royal Society of Chemistry, London, UK.
- Montes, C.M. & M.H. Bernal. 2012. Geographic distribution: *Eleutherodactylus johnstonei*. *Herpetological Review* 43:439.
- Múnera, C. & M.P. Baptiste. 2010. Análisis de riesgo para especies introducidas de vertebrados terrestres en Colombia (anfibios, reptiles, aves y mamíferos). Pp. 150-167. En Baptiste, M.P., N. Castaño, D. Cárdenas López, D.L. Gil & C.A. Lasso (Eds.), *Análisis de Riesgo y Propuesta de Categorización de Especies Introducidas para Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- Narins, P.M., A.S. Feng, R.R. Fay & A.N. Popper. 2006. Hearing and Sound Communication in Amphibians. Vol. 28. *Springer Handbook of Auditory Research*, Cham, Switzerland.
- Ortega, J.E., V.H. Serrano & M.P. Ramírez-Pinilla. 2005. Reproduction of an introduced population of *Eleutherodactylus johnstonei* at Bucaramanga, Colombia. *Copeia* 3:642-648.
- Pitt, W.C., K.H. Beard & R.E. Doratt. 2012. Management of invasive coqui frog populations in Hawaii. *Outlooks on Pest Management* 23:166-169.
- Primack, R.B. & O. Vidal. 2019. *Introducción a la Biología de la Conservación*. Fondo de Cultura Económica. Ciudad de México, México.
- Ríos, H.F. & O. Vargas. 2003. Ecología de las especies invasoras. *Pérez-Arbelaezia* 14:19-148.
- Ruiz-Ochoa, M.A., J.S. Torres-Corredor, Y.A. Vargas-Corredor & L.P. Orduz-Amaya, L.P. 2023. Variabilidad climática (precipitación, temperatura y humedad relativa) para la gestión hídrica del departamento del Casanare, Colombia. *Información Tecnológica* 34:47-60.



- Sanabria-Casallas, C. & W. Bolívar García. 2022. Patrones de actividad vocal de *Oophaga lehmanni* a lo largo de un gradiente temporal en la Reserva Forestal Protectora Nacional Río Anchicayá. Tesis de pregrado. Universidad El Bosque, Bogotá, Colombia.
- Sánchez, L.C., Y. Prieto, M. Maroli & A.L. Ronchi Virgolini. 2023. Efectividad de diferentes técnicas de registro de anfibios en un humedal lacustre templado del centro-este de Argentina. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:10-22.
- Schwartz, A. & D.C. Fowler. 1973. The Anura of Jamaica: a progress report. *Studies on the Fauna of Curaçao and other Caribbean Islands* 43:50-142.
- Vera-Pérez, L.E., A.F. Liévano-Bonilla & G.A. Pisso-Florez. 2021. First records of Johnstone's whistling frog *Eleutherodactylus johnstonei* from two departments in south-western Colombia. *Herpetological Bulletin* 155:18-20.
- Tovar-García, J.D. & O. Acevedo-Charry. 2021. Conjunto de datos de monitoreo acústico pasivo en la Reserva Natural Los Yátaros, Gachantivá, Boyacá, Colombia. *Biota Colombiana* 22:200-208.
- Watkins, W.A., E.R. Baylor & A.T. Bowen. 1970. The call of *Eleutherodactylus johnstonei*, the whistling frog of Bermuda. *Copeia* 197:558-561.
- Wells, K.D. 2007. *The Ecology and Behavior of Amphibians*. The University of Chicago Press. Chicago, Illinois, USA.
- Vera-Pérez, L.E., A.F. Liévano-Bonilla & G.A. Pisso-Florez. 2021. First records of Johnstone's whistling frog *Eleutherodactylus*



Appendix 1. Records of *Eleutherodactylus johnstonei* species in the urban area of Ibagué and the surrounding population centers. The geographic coordinates of the study species' recording locations are shown in parentheses. The six nurseries where the nocturnal vocal activity pattern of *E. johnstonei* was studied are indicated with an asterisk (*).

Apéndice 1. Registros de la especie *Eleutherodactylus johnstonei* en el área urbana de Ibagué y los centros poblados aledaños a la ciudad. Las coordenadas geográficas de los lugares de registro de la especie de estudio se muestran entre paréntesis. También, los 6 viveros en los que se estudió el patrón de actividad vocal nocturno de *E. johnstonei* se indican con un asterisco (*).

Comuna 1. Vivero 1* (4.44885° N, 75.24427° W); Jardín zona residencial 1 (4.45086° N, 75.24445° W). Comuna 4. Vivero 2 (4.43204° N, 75.21021° W); Vivero 3* (4.43464° N, 75.20613° W); Jardín zona residencial 2 (4.43411° N, 75.20683° W); Jardín zona residencial 3 (4.43499° N, 75.20869° W); Jardín zona residencial 4 (4.43413° N, 75.20858° W); Vivero 4 (4.44373° N, 75.20513° W). Comuna 5. Jardín zona residencial 5 (4.43929° N, 75.20158° W); Jardín zona residencial 6 (4.44403° N, 75.20285° W); Jardín Polideportivo 1 (4.44491° N, 75.20222° W). Comuna 6. Jardín parqueadero 1 (4.44765° N, 75.20226° W); Vivero 5 (4.44750° N, 75.20211° W); Vivero 6* (4.44754° N, 75.20022° W); Vivero 7 (4.44766° N, 75.19945° W); Jardín zona residencial 7 (4.44753°

N, 75.19739° W); Jardín zona residencial 8 (4.44743° N, 75.19741° W); Vivero 8 (4.44779° N, 75.18312° W); Jardín zona residencial 9 (4.44787° N, 75.18317° W); Jardín de restaurante 1 (4.44786° N, 75.18333° W); Vivero 9* (4.44788° N, 75.17589° W); Jardín zona residencial 10 (4.45100° N, 75.19381° W); Jardín institución educativa 1 (4.45100° N, 75.19251° W). Comuna 7. Vivero 10 (4.44790° N, 75.16003° W). Comuna 8. Jardín zona residencial 11 (4.43043° N, 75.18490° W); Jardín zona residencial 12 (4.43028° N, 75.18508° W); Parque (4.42763° N, 75.18322° W). Comuna 9. Jardín zona residencial 13 (4.43319° N, 75.20269° W); Jardín institución educativa 2 (4.40413° N, 75.15474° W); Jardín zona residencial 14 (4.43445° N, 75.18987° W); Vivero 11* (4.40647° N, 75.16651° W); Jardín de zona residencial 15 (4.40606° N, 75.16641° W); Jardín de zona residencial 16 (4.40606° N, 75.16672° W); Jardín de zona residencial 17 (4.40604° N, 75.16683° W); Vivero 12 (4.41629° N, 75.17528° W); Jardín de zona residencial 18 (4.41111° N, 75.17475° W); Jardín de zona residencial 19 (4.41172° N, 75.17476° W); Jardín de zona residencial 20 (4.40469° N, 75.16199° W); Jardín de zona residencial 21 (4.40458° N, 75.16250° W). Comuna 10. Jardín restaurante 2 (4.43453° N, 75.21303° W). Corregimiento Totumo. Vivero 13 (4.42286° N, 75.23775° W); Vivero 14* (4.42286° N, 75.23754° W); Vivero 15 (4.42294° N, 75.23726° W); Vivero 16 (4.42292° N, 75.23733° W); Vivero 17 (4.42292° N, 75.23733° W); Vivero 18 (4.42292° N, 75.23733° W). Corregimiento Villa Restrepo. Jardín de zona residencial 22 (4.50735° N, 75.29724° W).

PREDATION OF TWO BATS MOLOSSIDAE (CHIROPTERA) BY THE LICHTENSTEIN'S GREEN RACER *PHILODRYAS OLFERSII* (SERPENTES: DIPSADIDAE) IN SOUTHEASTERN BRAZIL

DEPREDAÇÃO DE DOS MURCIÉLAGOS MOLOSSIDAE (CHIROPTERA) POR LA CULEBRA VERDE *PHILODRYAS OLFERSII* (SERPENTES: DIPSADIDAE) EN EL SUDESTE DE BRASIL

Lidia Silva de Lima¹, Nádia Santos-Cavalcante¹, Lucas de Souza Almeida², Paulo Roberto Machado-Filho³, Breno Camara Gomes & Rodrigo C. Gonzalez^{1*}

¹Museu de História Natural do Ceará Prof. Dias da Rocha, Universidade Estadual do Ceará, Rua Divino Salvador 225, Pacoti, Ceará, 62770-000, Brazil.

²Laboratório de Herpetologia, Departamento de Biodiversidade e Centro de Aquicultura (CAUNESP), Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho', Rio Claro, São Paulo, 13506-900, Brazil.

³Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Avenida Nazaré 481, São Paulo, São Paulo, 04263-000, Brazil.

*Correspondence: rodcastgon@gmail.com

Received: 2024-02-19. Accepted: 2025-04-21. Published: 2025-06-17.

Editor: Katyuscia Araujo Vieira, Brasil.

Resumen.—Aquí reportamos el primer registro de una culebra verde (*Philodryas olfersii*) depredando un murciélago (*Eumops* sp.) en el sureste de Brasil. Nuestro informe sugiere que los murciélagos, aunque principalmente nocturnos, también podrían representar un elemento importante en la dieta de esta especie diurna.

Palabras clave.—Dieta, historia natural, Philodryadini, serpientes.

Abstract.—Here we report the first record of a Lichtenstein's green racer *Philodryas olfersii* on an *Eumops* sp. in southeastern Brazil. Our report shows that bats, which are mainly nocturnal, could also be an important item in this diurnal species' diet.

Keywords.—Diet, natural history, Philodryadini, snakes.

Philodryas olfersii (Lichtenstein, 1823) stands out among South American snakes for having a large distribution range, extending across all Brazilian domains (Nogueira et al., 2019; Castro et al., 2021). This species inhabits different environments, from well-preserved natural areas to regions heavily modified by human activity, including urban centers (Nogueira et al., 2019). It is a generalist predator, consuming a wide variety of vertebrate prey, including anurans, birds, mammals, lizards, and other snakes (Machado-Filho, 2015). Here we report two events of *Philodryas olfersii* preying upon Molossidae bats. This is the fourth most diverse family of Chiroptera, comprising 16 genera and approximately 134 species (Simmons & Cirranello, 2024). Molossids are strictly insectivorous and predominate in the tropical regions (Freeman, 1981). Many species in this family are very similar, and they can only be distinguished externally by anatomical features, such as the ear junction, the shape of

the antitragus, the presence of warts on the upper edge of the mouth, and the presence of vibrissae (Freeman, 1981).

Of the two predation events presented here, only the first (Fig. 1a) could be identified at the genus level, being recognized as an *Eumops* sp. This genus has a wide geographic distribution, ranging from the southern United States to Central Argentina (Simmons, 2005). Out of the 17 known species, 11 are found in Brazil (Garbino et al., 2024).

The first record occurred on 15 February 2020 at 17:45 h., when an individual of *Philodryas olfersii* was photographed while preying upon an *Eumops* sp. on Praia da Biologia, Aracruz municipality, Espírito Santo state, Brazil (19.9731° S, 40.1377° W, at sea level). The snake was exiting a hole in a log, with the bat in its mouth. The bat was motionless, while the snake was carrying it

away (Fig. 1a). This whole event lasted about 8 minutes until they vanished in the nearby vegetation. None of them was collected.

The second case occurred on 11 July 2023 at 12:38 h, in Cantagalo municipality, Rio de Janeiro state, Brazil (21.93740° S, 42.34142° W, 420 m a.s.l.). Another individual of *Philodryas olfersii* was crawling out of a hole on a wood fence with a Molossidae in its mouth; the animal was not disturbed so it could swallow the bat (Fig. 1b). This event lasted about 4 minutes. None was collected.

Mammals are the primary prey group in the diet of *Philodryas olfersii* (Machado-Filho, 2015). Two bat species, *Myotis cf. nigricans*

(Vespertilionidae) and *Nyctinomops laticaudatus* (Molossidae) have previously been recorded in the diet of this snake (Thomas, 1976; Barros et al., 2015). Our additional new records of two of Molossidae bats, reveal that bats of this family might also be an important item for this snake's diet.

Due to the large number of species and the secretive habits of snakes, many details on their natural history are yet to be known (Maritz et al., 2021). It is not common to observe snakes preying on bats, since they are also secretive and rarely seen during the day (Lima & O'Keefe, 2013; Martin-Solano et al., 2016). On the other hand, *P. olfersii* is a diurnal snake (Martins et al., 2008), which makes this interaction even more remarkable. In

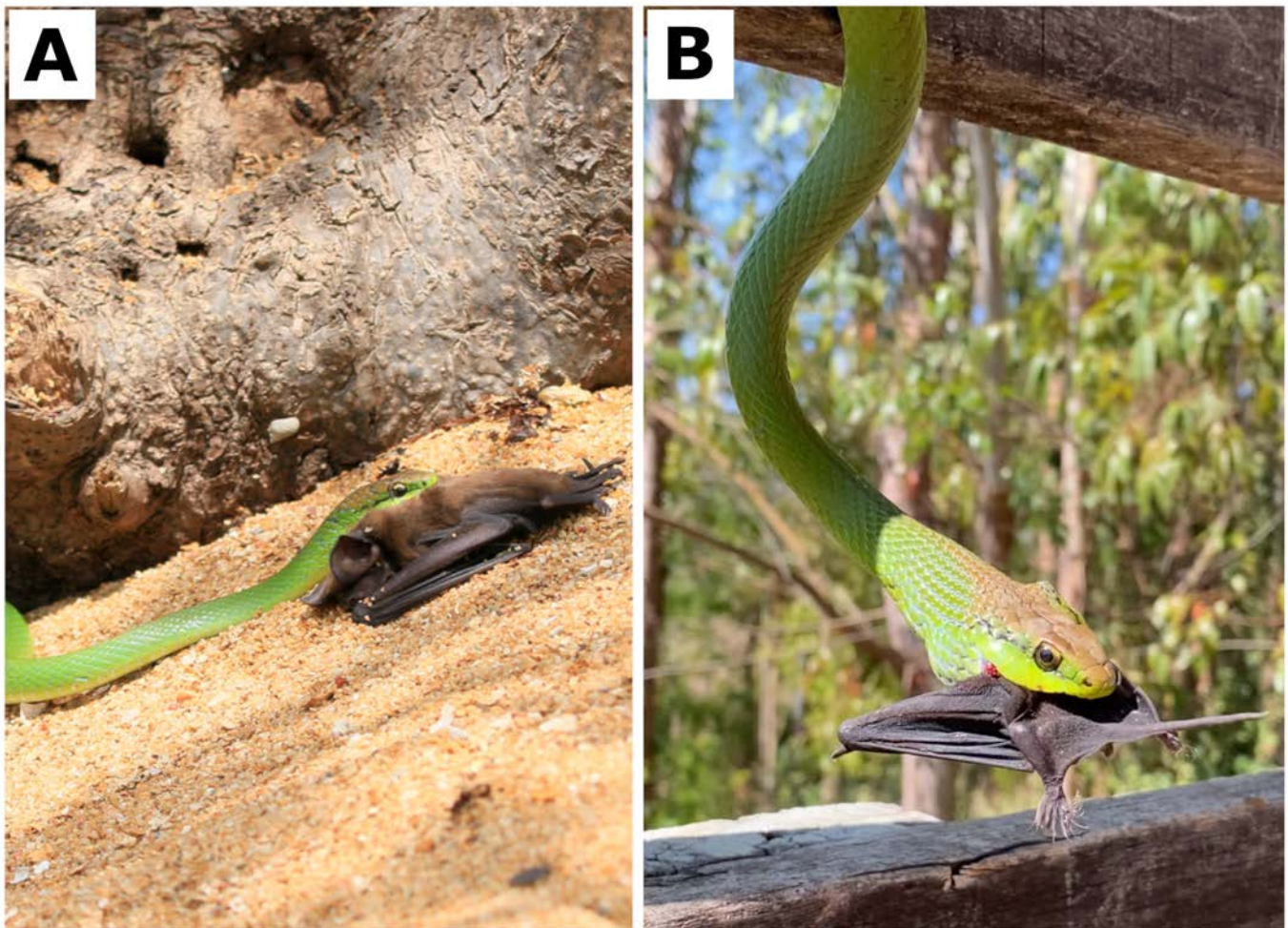


Figura 1. A) *Philodryas olfersii* depredando um indivíduo de *Eumops* sp. em plena luz del día em Aracruz, Estado de Espírito Santo, Brasil. Foto: Maximo Oppici. B) *P. olfersii* depredando um indivíduo de Molossidae em Cantagalo, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Foto: Breno Camara.

Figure 1. A) *Philodryas olfersii* preying on an individual of *Eumops* sp. in broad daylight in Aracruz, Espírito Santo state, Brazil. Photo: Maximo Oppici. B) *P. olfersii* preying on an individual of Molossidae in Cantagalo, Rio de Janeiro state, Brazil. Photo: Breno Camara.

both cases, the snakes were actively searching for prey inside cracks, trunks, and logs during the day, so it could find them asleep (Barros et al., 2015). Given that *P. olfersii* is a generalist species, and other mammals seem to be more frequent in its diet (Machado-Filho, 2015), preying upon bats may not mean they are favourite, but opportunistic resources that could not be wasted.

Acknowledgements.—We thank Maximo Oppici for providing the images and details about the predation event in figure 1a. RGC thanks Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (process number: 08339530/2023).

LITERATURE CITED

- Barros, M.A.S., L.C. Pinto, R.O. Pfau, F.F. Kisłowski & M.D. Freire. 2015. *Philodryas olfersii* (Serpentes, Dipsadidae) feeding on bats in southern Brazil. *Revista Brasileira de Biociências* 13:231-236.
- Castro, F.C., S.N. Souza, S.M. Almeida-Santos, K.T. Miyaji & C.R. Medeiros. 2021. Bites by *Philodryas olfersii* (Lichtenstein, 1823) and *Philodryas aestiva* (Duméril, Bibron, and Duméril, 1854) (Serpentes, Dipsadidae) in São Paulo, Brazil: a retrospective observational study of 155 cases. *Toxicon* 197:55-64.
- Freeman, P.W. 1981. A multivariate study of the family Molossidae (Mammalia: Chiroptera): morphology, ecology, evolution. Doctoral Thesis. The University of New Mexico. New Mexico, USA.
- Garbino G.S.T, R. Gregorin, I.P. Lima, L. Loureiro, L. Moras, R. Moratelli, M.C. Nascimento, M.R. Nogueira, R.L.M. Novaes, A.C. Pavan, V.C. Tavares & A.L. Peracchi. 2024. Updated checklist of bats (Mammalia: Chiroptera) from Brazil. *Zoologia* 41:e23073.
- Lima, S.L. & J.M. O'Keefe. 2013. Do predators influence the behaviour of bats? *Biological Reviews* 88:626-644.
- Machado-Filho, P.R. 2015. Evolução do hábito alimentar e utilização do substrato pelo gênero *Philodryas* Wagler, 1830. Master's Degree. UNESP-São José do Rio Preto. Brasil.
- Maritz, B., E.P. Hofmann, R.A. Maritz, H.W. Greene, M.C. Grundler & A.M. Durso. 2021. Challenges and opportunities in the study of snake diets. *Herpetological Review* 52:769-773.
- Martin-Solano, S., T. Toulkeridis, A. Addison & W.E. Pozo-Rivera. 2016. Predation of *Desmodus rotundus* Geoffroy, 1810 (Phyllostomidae, Chiroptera) by *Epicrates cenchria* (Linnaeus, 1758) (Boidae, Reptilia) in an Ecuadorian Cave. *Subterranean Biology* 19:41-50.
- Martins, M., O.A.V. Marques & I. Sazima. 2008. How to be arboreal and diurnal and still stay alive: microhabitat use, time of activity, and defense in Neotropical forest snakes. *South American Journal of Herpetology* 3:60-69.
- Nogueira, C.C., A.J.S. Argolo, V. Arzamendia, J.A. Azevedo, F.E. Barbo, R.S. Bérnils, B.E. Bolocho, M. Borges-Martins, M. Brasil-Godinho, H. Braz, M.A. Buononato, D.F. Cisneros-Heredia, G.R. Colli, H.C. Costa, F.L. Franco, A. Giraudo, R.C. Gonzalez, T. Guedes, M.S. Hoogmoed, O.A.V. Marques, G.G. Montingelli, P. Passos, A.L.C. Prudente, G.A. Rivas, P.M. Sanchez, F.C. Serrano, N.J. Silva, C. Strüssmann, J. P.S. Vieira-Alencar, H. Zaher, R.J. Sawaya & M. Martins. 2019. Atlas of Brazilian snakes: verified point-locality maps to mitigate the Wallacean shortfall in a megadiverse snake fauna. *South American Journal of Herpetology* 14:1-274.
- Reis, N.R., C.B. Batista, I. Lima, A.L. Peracchi & A.D. Pereira (Eds). 2017. *História Natural dos Morcegos Brasileiros: Chave de Identificação de Espécies*. 1ª Edição. Technical Books, São Paulo, Brasil.
- Simmons, N. 2005. Order Chiroptera. Order Chiroptera. Pp. 312-529. In Wilson, D.E. & D.M. Reeder (Eds.), *Mammal Species of the World: a Taxonomic and Geographic Reference*. 3ª Edição. v.1. Johns Hopkins University Press, Baltimore, USA.
- Simmons, N.B. & A.L. Cirranello. 2024. *Bat Species of the World: a taxonomic and geographic database*. Version 1.6. [Accessed on March 2025].
- Thomas, R.A. 1976. A revision of the South American colubrid snake genus *Philodryas* Wagler, 1830. Doctoral Thesis, Texas A&M University, Texas, USA.



PREDATION ON *DENDROPSOPHUS MINUTUS* (HYLIDAE) BY *OXYOPSIS* SP. (MANTIDAE) IN THE STATE OF MINAS GERAIS, SOUTHEAST BRAZILPREDACÃO DE *DENDROPSOPHUS MINUTUS* (HYLIDAE) POR *OXYOPSIS* SP. (MANTIDAE) NO ESTADO DE MINAS GERAIS, SUDESTE DO BRASILArthur Schramm de Oliveira^{1*}, Martin Schossler¹, Saulo Antonini Juppen¹, João Felipe Herculano Rocha^{2,3} & Rafael Lucchesi Balestrin⁴¹Orbis Consultoria Ambiental LTDA, Estrada Pedrolina Firme, Caixa Postal 2681, CEP: 95520-000, Osório, Rio Grande do Sul, Brazil.²Laboratório de Fitossanidade, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rua Major Rubens Vaz 64, 22470-070, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.³Laboratório de Orthoptera, Departamento de Entomologia, Museu Nacional - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Quinta da Boa Vista s/n, São Cristóvão, 20940-040, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.⁴Fieldwork Consultoria Ambiental, Humberto de Alencar Castelo Branco, Caixa Postal 1032-2707, CEP: 82530-195, Curitiba, Paraná, Brazil.*Correspondence: asoliveira22@gmail.com

Received: 2025-10-01. Accepted: 2025-04-17. Published: 2025-06-17.

Editor: Jimena Grosso, Chile.

Resumo.— Anfíbios são componentes importantes na dieta de muitos predadores, incluindo invertebrados. Além disso, sabe-se que espécies de louva-a-deus (Ordem Mantodea) têm sido documentadas predando vários táxons de vertebrados; no entanto, a complexidade de sua dieta e outras interações tróficas ainda são pouco compreendidas. Aqui relatamos o primeiro registro de predação de um adulto de *Dendropsophus minutus* (Anura: Hylidae) por uma fêmea adulta de *Oxyopsis* sp. (Mantodea: Mantidae) no sudeste do Brasil.

Palavras chave.— Perereca, louva-a-deus, Neotrópico, presa.

Abstract.— Amphibians are important components of the diet of many predators, including invertebrates. Additionally, praying mantises (Order Mantodea) have been documented preying on various vertebrate taxa; however, the complexity of their diet and other trophic interactions remains poorly understood. Here, we report the first record of predation on *Dendropsophus minutus* (Anura: Hylidae) by an adult female *Oxyopsis* sp. (Mantodea: Mantidae) in southeastern Brazil.

Keywords.— Neotropic, praying mantis, prey, tree frog.

Amphibians are important in maintaining environmental balance as they are both prey and predators of several other organisms, participating in a large number of food chains (Toledo, 2003; Toledo et al., 2007). In the Neotropics, several studies have investigated and reported that the diet of some amphibian taxa consists largely of small invertebrates (Araujo et al., 2007; Mahan & Johnson, 2007; Santana & Juncá, 2007). Additionally, trophic interactions in which insects prey on anurans, including members of the order Mantodea, have also been documented (Costa-Pereira et al., 2010). In this context, some examples illustrate these interactions, such as the predation of *Scinax fuscovarius* by *Stagmatoptera precariat*, *Litoria*

raniformis by *Archimantis latistyla*, and *Osteocephalus taurinus* by *Eumusonia* sp. (Hathaway, 1946; Ridpath, 1977; Costa-Pereira et al., 2010).

Praying mantises are insects renowned for their highly adapted morphology for their predatory skills, even being able to prey on small vertebrates such as lizards (Jehle et al., 1996), hummingbirds (Nyffeler et al., 2017) and small anurans (Hathaway, 1946; Costa-Pereira et al., 2010), both in the wild and in captivity. Recently, Lanna et al. (2021), described a field observation of *Stagmatoptera precaria* Linnaeus 1758 individual eating exudates from a plant. This non-carnivorous feeding

behavior has never been documented for the order Mantodea, highlighting the urge for studies on praying mantis natural history, and their feeding behavior in nature.

Among anurans, the family Hylidae has one of the highest numbers of predation records by invertebrates (Valdez, 2020). The species *Dendropsophus minutus* (Peters, 1872) is a small nocturnal and arboreal hylid found mainly at forest edges and in clearings, occurring in a very wide distribution that is distributed throughout South America, except west of the Andes (Lima et al., 2006). *Dendropsophus minutus* has already been reported as prey items of invertebrates such as spiders of the family Pisauridae (fishing spiders) (Bernarde et al., 1999) and water bugs of the family Belostomatidae (Bastos et al., 1994; Toledo, 2003; Rocha et al., 2014). In this publication, we report the first record of the

predation of a *D. minutus* by an insect of the Order Mantodea, an adult female of the genus *Oxyopsis* Caudell, 1904 (Mantodea: Mantidae).

The record was made on December 16, 2018 at approximately 19:00 h, in the shrub vegetation of a partially dry pond at the Municipality of Santa Luzia, State of Minas Gerais (19.8092° S, 43.7842° W, 886 m a.s.l., WGS 84). An adult female of *Oxyopsis* sp. was observed perching upside down on a stem within the vegetation and grasping on an adult *D. minutus* with its raptorial forelegs. At the time of the observation, the praying mantis had already consumed the amphibian's left hind leg and was beginning to ingest the side of the body (Fig. 1A). After opening a cavity, the praying mantis proceeded to consume the amphibian's viscera (Fig. 1B).



Figura 1. Predação de *Dendropsophus minutus* por *Oxyopsis* sp. (A), Louva-a-deus abrindo uma cavidade na lateral do corpo do anfíbio. (B), Close-up do louva-a-deus consumindo as vísceras do anfíbio. Fotos: Saulo Antonini Juppen.

Figure 1. Predation on *Dendropsophus minutus* by *Oxyopsis* sp. (A), Praying mantis opening a cavity in the side of the amphibian's body. (B), Close-up of praying mantis consuming the amphibian's viscera. Photos: Saulo Antonini Juppen.

The identification of the amphibian was carried out in the field by two herpetofauna specialists, based on diagnostic characteristics observed at the time of data collection. The individual was recognized by its brown dorsal coloration, featuring a pattern of two darker parallel stripes (Lima et al., 2006). The ventral region was whitish coloration, while the gular region was bright yellow, a characteristic present in males of the species (Lima et al., 2006) (Fig. 1A).

The female mantis was identified based on distinctive morphological characteristics. The specimen exhibits a green coloration, a triangular head with prominent, pointed eyes, and a straight vertex. The ocelli were narrow and triangular, a trait observed in females of this species. The pronotum was slender, with a moderately developed supracoxal dilation and laterally denticulated or spined margins. Females have reduced wings, with flight organs barely extending beyond the abdomen. The tegmina were broad and opaque, narrowing in the costal vein region, maintaining a proportion close to the width of the forewings (Escobar, 2017). No individuals of either species were collected.

The relationship between predator-prey size is crucial in determining predation pressure (Costa-Pereira et al., 2010; Toledo et al., 2007). Consequently, small anuran species, such as those of the genus *Dendropsophus*, are potential prey for medium to large predatory invertebrates. This short communication contributes to the understanding of trophic interactions between arthropods and anurans in Brazil, reporting for the first time a *Dendropsophus* species as prey of a praying mantis, specifically an adult female of the genus *Oxyopsis*. Our record supports previous observations that small and abundant anuran species, like *D. minutus*, are vulnerable to opportunistic predation by invertebrates (Costa-Pereira et al., 2010; Rocha et al., 2014). Although such interactions are rarely documented, they may have a significant impact on the population dynamics of both invertebrates and vertebrates.

LITERATURE CITED

- Araujo, M.S., R.A. Giaretta, G. Machado & D. Bolnick. 2007. Intrapopulation diet variation in four frogs (Leptodactylidae) of the Brazilian savannah. *Copeia* 2007:855-865.
- Bastos, R.P., O.C. Octavio, J.P. Pombal Jr. 1994. *Hyla minuta* (NCN). Predation. *Herpetological Review* 25:118.
- Bernarde, P.S., M.B. Souza & M.C.N. Kokubum. 1999. Predation on *Hyla minuta* Peters, 1872 (Anura, Hylidae) by *Ancylometes* spp. (Aranea, Pisauridae). *Biociências* 7:199-203.
- Costa-Pereira, R., F.I. Martins, E.A.S. Sczesny & A. Brescovit. 2010. Predation on young treefrog (*Osteocephalus taurinus*) by arthropods (Insecta, Mantodea and Arachnida, Araneae) in central Brazil. *Biota Neotropica* 10:469-472.
- Escobar, J.A.S. 2017. Contribución a la sistemática de Mantodea (Insecta: Dictyoptera) de Colombia, con énfasis en la tribu *Stagmatopterini*. Master in Science Thesis. Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.
- Hathaway, C.R. 1946. Considerações sobre a biologia da *Stamatoptera precaria* (Linné, 1758) (Mantodea: Mantidae: Vatinae). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 44:105-117.
- Jehle, R., A. Franz, M. Kapfer, H. Schramm & H.G. Tunne. 1996. Lizards as prey of arthropods: Praying mantis *Mantis religiosa* (Linnaeus, 1758) feeds on juvenile sand lizard *Lacerta agilis* Linnaeus, 1758. *Herpetozoa* 9:157-159.
- Lanna, L.M., J.F.H. Rocha, S. Cavalcante, D. Godoy & M.L.F. Teixeira. 2021. First record of non-carnivore feeding behavior in a wild praying mantis (Mantodea: Mantidae). *Entomological Communications* 3:e03003.
- Lima, A.P., W.E. Magnusson, M. Menin, L.K. Erdtmann, D.J. Rodrigues, C. Keller, W. Hödl. 2006. Guide to the Frogs of Reserva Adolpho Ducke: Guia de Sapos da Reserva Adolpho Ducke. Attema Design Editorial. Manaus, Brazil.
- Mahan, R.D. & J.R. Johnson. 2007. Diet of the gray treefrog (*Hyla versicolor*) in relation to foraging site location. *Journal of Herpetology* 41:16-23.
- Nyffeler, M., M.R. Maxwell & J.V. Remsen. 2017. Bird predation by praying mantises: a global perspective. *The Wilson Journal of Ornithology* 129:331-344.
- Ridpath, M.G. 1977. Predation on frogs and small birds by *Hierodula werneri* (Giglio-Tos) (Mantidae) in tropical Australia. *Australian Journal of Entomology* 16:153-154.
- Rocha, R., T. Almeida & A. Lopez-Baucells. 2014. Field observation of an adult lesser treefrog *Dendropsophus minutus* (Anura: Hylidae) being consumed by a Neotropical *Lethocerus* sp. (Hemiptera: Belostomatidae) nymph. *Alytes, International Journal of Batrachology* 31:37-39.
- Santana, A. & F. Juncá. 2007. Diet of *Physalaemus* cf. *cicada* (Leptodactylidae) and *Bufo granulosus* (Bufonidae) in a semideciduous forest. *Brazilian Journal of Biology* 67: 125-131.



- Toledo, L.F. 2003. Predation on seven South American anuran species by water bugs (Belostomatidae). *Phyllomedusa: Journal of Herpetology* 2:105-108.
- 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.
- Valdez, J.W. 2020. Arthropods as vertebrate predators: a review of global patterns. *Global Ecology and Biogeography* 29:1691-1703.



DISCOVERY OF THE EGGS OF *BOLITOGLOSSA PANDI* (CAUDATA: PLETHODONTIDAE) WITH OBSERVATIONS ON ITS REPRODUCTIVE BIOLOGYHALLAZGO DE LOS HUEVOS DE *BOLITOGLOSSA PANDI* (CAUDATA: PLETHODONTIDAE) CON OBSERVACIONES SOBRE SU BIOLOGÍA REPRODUCTIVAGiovanni A. Chaves-Portilla^{1*} & Juan David Fernández-Roldán¹¹Independent researcher.*Correspondence: gchavesp@gmail.com

Received: 2024-10-29. Accepted: 2025-02-04. Published: 2025-06-19.

Editor: Felipe Rabanal, Chile.

Resumen.– El hallazgo de dos posturas de huevos de la salamandra de Pandi (*Bolitoglossa pandi*) en un fragmento de bosque en los Andes orientales de Colombia, permitió el seguimiento in situ de estos durante cinco meses, hasta que las crías eclosionaron. Documentamos por primera vez los sitios de anidación, posturas, tasa de eclosión de los huevos y dimensiones de los neonatos para esta especie. Contribuimos al escaso conocimiento sobre la biología e historia natural de esta especie de anfibio con rango restringido para Colombia.

Palabras clave.– Amphibia, Colombia, crías, desarrollo directo, posturas de huevos, tasa de eclosión.

Abstract.– The discovery of two egg clutches of the Pandi's mushroom tongue salamander (*Bolitoglossa pandi*) in a forest fragment on the eastern Andes of Colombia, allowed in situ check-up fieldtrips for five consecutive months until the hatchlings emerged from the eggs. We here report the nesting sites, clutches, egg hatching rate and neonate measurements for the first time for this species, thus contributing to the current knowledge of the biology and natural history of this range-restricted amphibian of Colombia.

Keywords.– Amphibia, Colombia, development, egg clutches, hatchling, hatching rate.

The Pandi mushroom tongued salamander (*Bolitoglossa pandi*) was described by Brame & Wake (1963) based on a badly-preserved adult female (ZMH A00868, formerly ZSZMH 2858). The species was diagnosed as a medium size *Bolitoglossa* with a moderate number of maxillary teeth, with extensive webbing on hand and feet and by its coloration pattern being solid dark reddish-gray dorsally with cream spots ventrally (Brame & Wake, 1963). For almost 20 years the species remained known only from the type locality: municipio de Pandi, Cundinamarca, Colombia, but various authors (Hanken & Wake, 1982; Acosta-Galvis & Rueda, 2004; Acosta-Galvis & Gutiérrez-Lamus 2012; Angarita-Sierra et al., 2020) have subsequently reported additional new localities for this species in the Eastern Andes of Colombia. Currently, *B. pandi* is categorized by IUCN as Endangered (EN), given that its total extent of occurrence (EOO) is thought to be 2,500 km², and its habitat is currently being degraded by human settlement, forest clearing and agriculture (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2019).

As is the case for most species of salamanders, not much is known regarding the behavior, ecology and natural history of *B. pandi* aside from two publications. The first by Del Río-García et al. (2014) focused on the diet and microhabitat use from a population in Supatá, Cundinamarca (Fig. 1). The second publication is that of Angarita-Sierra et al. (2020), which expanded the distribution range of *B. pandi* along the eastern Andes of Colombia and commented on the population dynamics, activity patterns and color variation of the species. Given that we did not collect voucher specimens, we cannot ascertain the identity of the salamanders that we observed in Supatá, Cundinamarca but we consider them to be *B. pandi*.

During the course of a herpetological survey of the amphibian fauna of vereda San Marcos, Supatá, Cundinamarca (Fig. 1), we managed to find two egg clutches of *B. pandi* hidden amongst the leaf litter (Fig. 2) inside a forest fragment on the western versant of the Cordillera Oriental of Colombia in vereda San

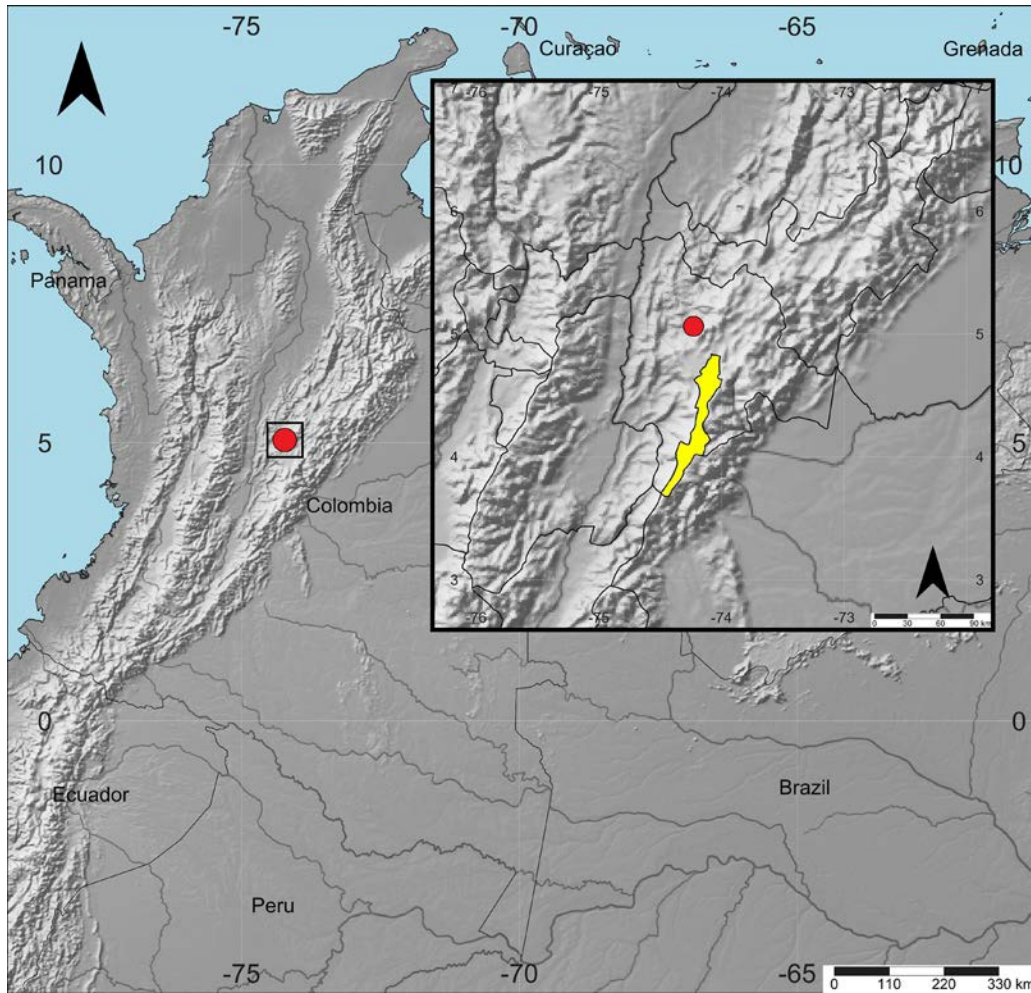


Figura 1. Mapa del noroccidente de Sur America y Colombia, mostrando la ubicación geográfica del área de estudio, vereda San Marcos, Supatá, Cundinamarca; la ciudad de Bogotá está indicada en amarillo.

Figure 1. Map of northwestern South America and Colombia, showing the geographic location of the study site, vereda San Marcos, Supatá, Cundinamarca; the city of Bogotá is shown in yellow.



Figura 2. Posturas de los huevos de *Bolitoglossa pandi* encontrados en Supatá, Cundinamarca, Colombia. Foto: Giovanni A. Chaves-Portilla.

Figure 2. Egg clutches of *Bolitoglossa pandi* found in Supatá, Cundinamarca, Colombia. Photo: Giovanni A. Chaves-Portilla.

Marcos, municipality of Supatá, Cundinamarca, (5° 2' 45.9" N, 74° 14' 25.64" W, 2,000 m a.s.l.). The first clutch was discovered on 23 September 2015 and comprised 15 rounded eggs adhered to one another. Each egg was covered by a transparent gelatinous layer or capsule (also termed 'envelope' in the literature), with bits of substrate or dirt scattered over the eggs (Fig. 2). Underneath this gelatinous layer was a second transparent capsule covering the yolk, which was uniformly white. The diameter of the eggs ranged between 4.5-5.0 mm (measured with a dial caliper to the nearest 1 mm), these were grouped towards the stem of the clutch, grape-like in shape, mostly irregularly textured and held together by a transparent membrane. This clutch of eggs was found 7.5 cm below the leaf litter. The substrate on which the eggs were deposited had a temperature of 19.4°C and a relative humidity of 82 %. An attending adult female *B. pandi* with an SVL of 43.1 mm (Fig. 2) was found to the right of the eggs.

The second clutch of eggs was detected within the same forest fragment at a depth of 9 cm inside leaf litter; the substrate where the eggs laid had a temperature of 17.4°C and a relative humidity of 94 %. This clutch had 16 eggs of the same shape and size of those found in the first clutch but no attending adults

were encountered in the vicinity of the eggs; one of the eggs was considered infertile because the transparent gelatinous capsule did not have a developing embryo (i.e., only yolk).

At the time when the second clutch of eggs was found, the eggs showed no sign of developmental activity, i.e., they were mainly yolk. The way in which the eggs were grouped together (grape-like), and the form of the structures (capsules) that surrounded the yolk resemble closely what McDiarmid & Worthington (1970) had previously reported for Central American species of *Bolitoglossa* and Valdivieso & Tamsitt (1965) for *B. adspersa* (Table 1) in South America. Following the discovery of these two clutches, we made monthly visits to the study site to record any changes that could be physically observed in the appearance of the eggs. The total number of eggs decreased in the ensuing months, probably due to attacks by unobserved predators. Nonetheless, an important observation was made: not all the eggs had been fertile, as some showed only the transparent gelatinous dome covering them but no signs of embryos. Sometime after the first month of monitoring, the adult female was no longer found near the eggs; we consider this to mark the end of parental care.

Tabla 1. Compendio sobre los aspectos reproductivos y posturas de algunas especies de *Bolitoglossa*. La información fue tomada de referencias y fotografías.

Table 1. Compendium of reproductive aspects and clutches of some species of *Bolitoglossa*. Information taken from the literature and from photographs.

Reproductive aspects/ Species	<i>B. adspersa</i>	<i>B. nicefori</i>	<i>B. pandi</i>	<i>B. paraensis</i>	<i>B. platydactyla</i>	<i>B. rostrata</i>	<i>B. subpalmata</i>	<i>B. yucatana</i>
Number of clusters	Unknown	2	2	Unknown	2	2	3-Jan	2
Shape of cluster	Oblong	Grape-like	Grape-like	Unknown	Grape-like	Unknown	Grape-like	Unknown
Gelatinous capsules covering egg	0	2	2	Unknown	2	2	2	Unknown
Number of eggs per clutch	6-11	25-40	31	8-14	ca 30	22-54	13-38	Unknown
Maximum egg diameter	4.5 mm	2.5 mm	5 mm	Unknown	Unknown	3.5 mm	Unknown	Unknown
Parental care (attending adult)	Yes	Yes	Yes	Unknown	Yes	Unknown	Yes	Yes
Months of parental care	Less than 1	Unknown	Less than 1	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown	Unknown
Annual reproductive activity	Continuous	Continuous	Seasonal	Seasonal	Unknown	Seasonal	Continuous	Unknown
Source of information	V & T 1965	O et al 2009	This study	N-O et al 2011	MD & W 1975	Houck 1977	MD & W 1975	MD & W 1975

Tabla 2. Resumen de los datos registrados durante cinco meses de monitoreo a las dos posturas de huevos de *Bolitoglossa pandi*.

Table 2. Summary of the data recorded during five months of monitoring the two egg clutches of *Bolitoglossa pandi*.

Clutch no.	Date	Fertile eggs	Infertile eggs	Preyed upon	Destroyed
1 (15 Eggs)	Sep-15	15	0	0	0
	Oct-15	15	0	0	0
	Nov-15	8	2	3	2
	Dec-15	2	3	5	5
	Jan-16	2	3	5	5
	Feb-16	2	3	5	5
2 (16 Eggs)	Sep-15	15	1	0	0
	Oct-15	15	1	0	0
	Nov-15	15	1	0	0
	Dec-15	13	2	1	0
	Jan-16	12	2	1	1
	Feb-16	10	2	3	1

During the second month of monitoring, the first signs of hatchlings became visible (Fig. 3), and by the fifth month, specifically 151 days since the egg clutches were first discovered, the first batch of fully developed *B. pandi* offspring were detected (Fig. 4). The hatching success, i.e., the percentage of hatched offspring was calculated as follows: percentage of hatching = $(N^{\circ} \text{ total number of neonate salamanders} * 100) / N^{\circ} \text{ total number of eggs recorded}$. Hatching success from the first group was only 13.3 %, while that of the second group was 66.6 % (Table 2). The neonates of *B. pandi* had a slender body and a mean SVL of 8.5 mm (8.1-8.8 mm; $n = 10$, $SD = 0.26$), a short tail with a mean length (TL) of 4.1 mm (3.9-4.4 mm; $n = 10$, $SD = 0.15$)

The hatching of the eggs of *B. pandi* occurred at the end of February 2016, which supports or coincides with the observations reported by Angarita-Sierra et al. (2020) “...During the second sampling occasion, a bias in the median SVL towards smaller individuals was observed, suggesting that the major recruitment peak occurs during March when the high rainy season start...”. Angarita-Sierra et al. (2020) recorded a higher



Figura 3. Huevo de *Bolitoglossa pandi* con el embrión en desarrollo. Foto: Giovanni A. Chaves-Portilla.

Figure 3. Egg of *Bolitoglossa pandi* with developing embryo. Foto: Giovanni A. Chaves-Portilla.

number of neonates of *B. pandi* during March, and they regarded this month as the peak of recruitment, which coincides with the first prolonged, intense rainy season of the year in this region of Cundinamarca (IDEAM, 2017).

This discovery of the eggs of *B. pandi* in Supatá, Cundinamarca, on the contrary, coincides with the second prolonged rainy season of the year, which usually occurs during the months of September, October and November (IDEAM, 2017). Our data suggest that females of *B. pandi* lay eggs at the beginning of the second rainy season of the year (from September through November), and that the offspring hatch at the end of the first dry season of the year (from December through February) (IDEAM, 2017); contrary to females of *B. nicefori* - another congener from the western slopes of the Eastern Andes of Colombia - that lay eggs from December through March, i.e., throughout the first dry season of the year (Ortega et al., 2009)

The fact that *B. nicefori* and *B. pandi* (both restricted to the western slopes of the Eastern Andes) are faced with very similar climatic conditions of annual rainfall and humidity, yet have not only different but almost completely opposite cycles of reproductive activity throughout the year, suggest that this could be one of the reasons behind the “high diversity” achieved by the genus *Bolitoglossa* in this mountainous region of Colombia; but further ecological, taxonomic and phylogenetic research is needed to thoroughly answer this question.



Figura 4. Neonatos eclosionados de una de las nidadas halladas de *Bolitoglossa pandi*. Foto: Giovanni A. Chaves-Portilla.

Figure 4. Neonates hatched from one of the clutches found of *Bolitoglossa pandi*. Photo: Giovanni A. Chaves-Portilla.

Acknowledgements.– We thank the community and the people of Supatá, Cundinamarca for their help and support during fieldwork in 2015-2016. John D. Lynch clarified the various literature records of *Bolitoglossa pandi* in Cundinamarca. Luis Alberto Rueda-Solano made pertinent comments and suggestions to an early version of this short note.

LITERATURE CITED

- Acosta-Galvis, A.R. & J.V. Rueda-Almonacid. 2004. Salamandra de Pandi *Bolitoglossa pandi*. Pp. 206–210. En Rueda-Almonacid J.V., J.D. Lynch, & A. Amézquita (Eds), Libro Rojo de Anfibios de Colombia. Editorial Panamericana, Bogotá D.C., Colombia.
- Acosta-Galvis, A.R. & D.L. Gutiérrez-Lamus. 2012. A new species of salamander (*Bolitoglossa*: Plethodontidae) from the Cordillera Oriental of the Colombian Andes. *Papéis Avulsos de Zoología* 52:201-218.
- Angarita-Sierra, T., M.A. Bonilla-Gómez, D.A. Sánchez, A.R. Acosta-Galvis, H. Medina-Ovalle, A. Solano-Moreno, S. Ulloa-Rengifo, D. Guevara-Guevara, J.J. Torres-Ramírez, S. Curaca-Fierro, D.M. Cabrera-Amaya, J.A. Infante-Betancour, L.F. Londoño-Montaña, D.X. Albarán-Montoya & L.R. Peña-Baez. 2020. Distribution, habitat suitability, conservation state and natural history of endangered salamander *Bolitoglossa pandi*. *PeerJ* 8:PeerJ8:e9901
- Brame, A.H. & D.B. Wake. 1963. Contributions to the salamanders of South America. Contributions in Science, Natural History Museum of Los Angeles County 69:1-72.
- Del Río-García, J.S., V.H. Serrano-Cardozo & M.P. Ramírez-Pinilla. 2014. Diet and microhabitat use of *Bolitoglossa cf. pandi* (Caudata: Plethodontidae) from the Cordillera Oriental of Colombia. *South American Journal of Herpetology* 9:52-61.
- Hanken, J. & D.B. Wake. 1982. Genetic differentiation among plethodontid salamanders (genus *Bolitoglossa*) in Central and South America: implications for the South American invasion. *Herpetologica* 32:272-287.

- IDEAM. 2017. Promedios climatológicos (1971-2000 y 1981-2010). Colombia. Available at: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima> [Consultado en mayo 2023].
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2019. *Bolitoglossa pandi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T59192A85861221. [Consultado en agosto 2023].
- McDiarmid, R.W. & R.D. Worthington. 1970. Concerning the reproductive habits of tropical plethodontid salamanders. *Herpetologica* 26:57-70.
- Neckel-Oliveira, S., J.F.M. Sarmiento, U. Galatti, P. Suárez, C. Lima, A.A. Lima, & S.B. Fáveri. 2011. Reproductive traits of the Brazilian Salamander *Bolitoglossa paraensis* (Urodela: Plethodontidae). *Copeia* 3:457-462.
- Ortega, J.E., J.M. Monares-Riaño & M.P. Ramírez-Pinilla. 2009. Reproductive activity, diet, and microhabitat use in *Bolitoglossa nicefori* (Caudata: Plethodontidae). *Journal of Herpetology* 43:1-10.



FIRST REPORT OF OCULAR HETEROCHROMIA IN *BOANA MARGINATA* (BOULENGER, 1887) (ANURA: HYLIDAE) IN ATLANTIC FOREST, SOUTHERN BRAZIL

PRIMER REPORTE DE HETEROCROMÍA OCULAR EN *BOANA MARGINATA* (BOULENGER, 1887) (ANURA: HYLIDAE) EN LA MATA ATLÁNTICA, SUR DE BRASIL

Thomas W. G. Oriá¹, Camila R. O. Leal¹, Beatriz F. L. Luciano^{2,3}, Daniela G. F. Comin³, Samuel C. R. de Oliveira³, Vera L. L. de Oliveira³ & Karoline Ceron^{1*}

¹Laboratório de Interações Ecológicas e Biodiversidade (LIEB), Departamento de Biologia, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza, Ceará 60440-900, Brazil.

²Laboratório de Ecologia e Biodiversidade Animal (LEBAN), Departamento de Ciências Biológicas, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma 88806-000, Santa Catarina, Brazil.

³Centro de Desenvolvimento Humano, Cocal do Sul 88845-000, Santa Catarina, Brazil.

*Correspondence: adenomera@gmail.com

Received: 2025-02-17. Accepted: : 2025-04-21. Published: 2025-06-19.

Editor: Katyuscia Araujo-Vieira, Brasil.

Resumen.— Reportamos el primer caso documentado de heterocromía ocular en un individuo de *Boana marginata* (Boulenger, 1887) observado en el bioma de la Mata Atlántica, en el municipio de Treviso, Santa Catarina, Brasil. El espécimen fue encontrado en un área ribereña a lo largo de las márgenes del río Pio, caracterizada por una vegetación densa y sustratos rocosos. El individuo presentó heterocromía unilateral completa, caracterizada por una coloración azul vívida del iris, contrastando marcadamente con el patrón ocular típico de la especie. Discutimos los factores potenciales que subyacen a esta anomalía y sus implicaciones ecológicas para la especie. Este registro contribuye a la comprensión de las anomalías de color en anfibios y resalta la necesidad de realizar más estudios sobre los impactos ecológicos de tales anomalías en poblaciones naturales.

Palabras clave.— Anfibios, anomalías, anomalía de color, rana.

Abstract.— We report the first documented case of ocular heterochromia in an individual of *Boana marginata* (Boulenger, 1887) observed in the Atlantic Forest biome, in the municipality of Treviso, Santa Catarina, Brazil. The specimen was found in a riparian area along the banks of the Pio River, characterized by dense vegetation and rocky substrates. The individual exhibited complete unilateral heterochromia, characterized by a vivid blue coloration of the iris in the right eye, contrasting sharply with the species' typical ocular pattern. We discuss the potential factors underlying this anomaly and its ecological implications for the species. This record contributes to understanding color anomalies in amphibians and highlights the need for further studies on the ecological impacts of such anomalies in natural populations.

Keywords.— Amphibians, anomalies, color anomaly, treefrog.

Anomalies represent deviations from the normal phenotypic spectrum, encompassing morphological and non-morphological traits (Johnson et al., 2010; Henle et al., 2017). In amphibians, anomalies may arise from genetic factors or external stressors, including environmental contamination (Ouellet et al., 1997; Huang et al., 2014), UV-B radiation (Blaustein et al., 1997), parasitic

infections (Kiesecker, 2002), and predation (Blaustein & Johnson, 2003; Johnson et al., 2010). The most prevalent anomalies include amelia (limb absence), anophthalmia (unilateral or bilateral eye absence), ectrodactyly (digit absence), polydactyly (supernumerary digits), and polymelia (partial or complete limb duplication; Peltzer et al., 2011; Ramalho et al., 2017; de

Souza et al., 2021; Gobel et al., 2022). These malformations occur more frequently in agricultural landscapes, where pesticide and agrochemical contamination are common (Borges et al., 2019). In contrast, amphibian populations in protected environments exhibit anomaly rates as low as 5 % (Blaustein & Johnson, 2003).

Henle et al. (2017) defined “color anomaly” as non-skeletal abnormalities primarily involving pigmentation disorders, such as albinism, flavism, erythrism, melanism, and blue-colored individuals. Among these, ocular heterochromia is characterized by variations in iris coloration and morphology in one or both eyes (Saniasiaya, 2020). This condition is classified into three types: complete (distinct iris colors between eyes), partial (sectoral color variation within a single iris), or central (a pigmented ring radiating from the pupil into the iris) (Silva et al., 2021).

Ocular heterochromia remains poorly documented in amphibians, with few reported cases globally (e.g., Cortés-Suárez et al., 2021; Alvarez et al., 2022; Hernández-Vázquez et al., 2023). In Brazil, all documented cases involve species of the family Hylidae ($n = 4$). The first reported case of heterochromia was in *Nyctimantis arapapa* (Pimenta, Napoli, and Haddad, 2009), in the Atlantic Forest of Bahia state, with two juvenile individuals displaying abnormal blue coloration in at least one eye, however, this case lacked sufficient detail to allow for comparisons (Lourenço-de-Moraes et al., 2013). The second was described in *Osteocephalus oophagus* Jungfer & Schiesari, 1995, in the Amazon region, represented by an individual with one eye exhibiting a grayish color (Pedroso-Santos et al., 2022). The third and fourth cases, both in *Boana albomarginata* (Spix, 1824), occurred in the

Atlantic Forest biome of Bahia state, with one individual having a completely blue iris in the left eye and another individual showing a blue patch in the lower half of the right iris (Melo et al., 2024). Among these cases, only the last one resembles our report.

In this study, we report complete heterochromia in one individual of *Boana marginata* (Boulenger, 1887). During a trekking activity at 10:00 h on December 21, 2024, at Pousada Santo Antônio (28° 29' 35" S, 49° 31' 49" W, 556 m a.s.l.), municipality of Treviso, Santa Catarina, Brazil, the specimen was observed on a rock along the banks of the Pio River. The individual exhibited a vivid blue coloration across the iris in the right eye (Fig. 1A, B). The typical ocular pattern of *B. marginata* is characterized by a horizontally elliptical black pupil, a golden/copper iris with dark reticulations, and a horizontal brown band crossing the pupil (Fig. 1C).

Iris and pupil anomalies may impair vision, affecting critical behaviors such as predator detection and foraging efficiency in amphibians (Pedroso-Santos et al., 2022). Heterochromia in these organisms can arise from spontaneous or induced mutations altering pigment distribution or abundance in chromatophores, resulting in color variants (Henle et al., 2017). For example, biliverdin, the end product of heme catabolism, is a blue-green hue pigment abundant in many anuran species, and the dominant blue coloration in the affected eye of *B. albomarginata* may result from the accumulation of this pigment in the ocular region (Jones, 1967; Taboada et al., 2017). In addition, physical trauma or larval-stage predator-induced injuries are also potential causes of ocular abnormalities (Bowerman et al.,

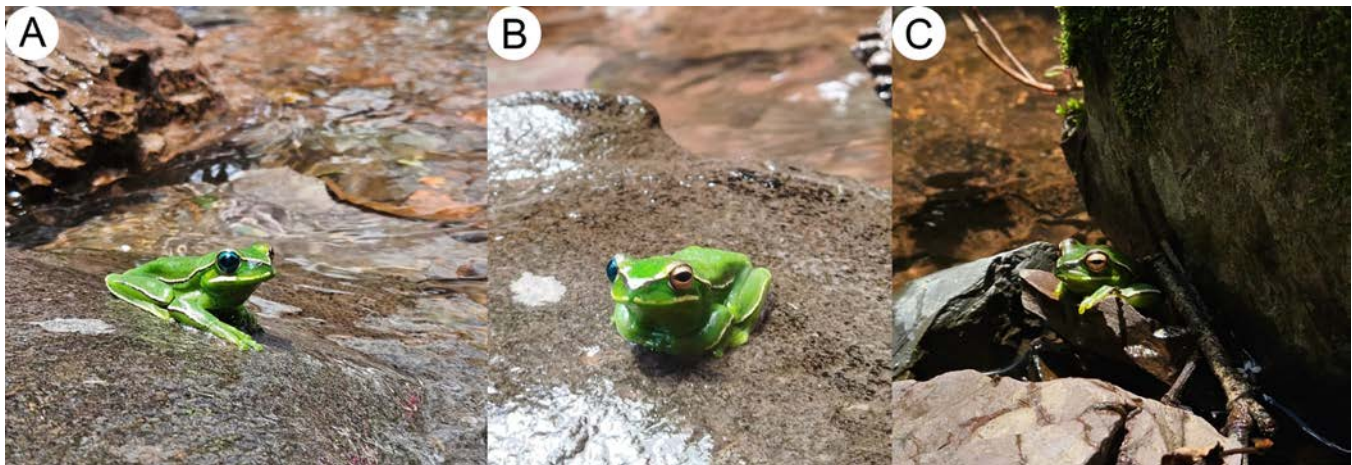


Figura 1. A, B) Individuo de *Boana marginata* con heterocromía en el ojo derecho y C) Patrón usual de coloración ocular en *Boana marginata* encontrado en la misma localidad. Fotos: Daniela G. F. Comin y Samuel C. R. de Oliveira.

Figure 1. 1: A, B) Individual of *Boana marginata* with heterochromia on the right eye and C) Usual pattern of eye coloration in *Boana marginata* found in the same locality. Photos: Daniela G. F. Comin and Samuel C. R. de Oliveira.

2010) and may explain the dilated pupil observed in the *Boana marginata* individual. For arboreal species like *B. marginata*, vision is essential for prey localization, short-range pursuit, and food acquisition (Freed, 1988). Reduced or absent visual acuity could diminish prey capture success and increase predation risk, ultimately compromising reproductive success of individuals.

Acknowledgements.—We thank the Alouatta Institute, especially Paulo Renato Cadallóra, Rosilene Koch, and Cinara Lino, for their ongoing efforts in conservation and environmental education in the area. CROL thanks to the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior—Brasil (CAPES)—Finance Code 001.

LITERATURE CITED

- Alvarez, J.A., L. Solano & J.T. Wilcox. 2022. Idiopathic ocular heterochromia in the California newt, *Taricha torosa*. *Sonoran Herpetologist* 35:121-122.
- Blaustein, A.R. & P.T.J. Johnson. 2003. The complexity of deformed amphibians. *Frontiers in Ecology and Environment* 1:87-94.
- Blaustein, A.R., J.M. Kiesecker, D.P. Chivers & R.G. Anthony. 1997. Ambient UV-B radiation causes deformities in amphibian embryos. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 94:13735-13737.
- 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.
- Boulenger, G.A. 1887. Descriptions of new or little-known South-American frogs of the genera *Paludicola* and *Hyla*. *Annals and Magazine of Natural History, Series 5*, 20:295-300.
- Bowerman, J., P.T.J. Johnson & T. Bowerman. 2010. Sublethal predators and their injured prey: linking aquatic predators and severe limb abnormalities in amphibians. *Ecology* 91:242-251.
- Cortés Suárez, J.E., C.G. Herrera Martínez & Á.A. Zamora Roda. 2021. Black-eye malformations in two herpetofaunal species from the Central Region and Caribbean Coast of Costa Rica. *Reptiles & Amphibians* 28:425-427.
- de Souza, F.C., A.L.F. da Silva, C.S. dos Anjos, T.F. Estevinho, M.D.O. Lisboa & M. Menin. 2021. New records of morphological anomalies in anurans, with a review for Brazil. *Herpetology Notes* 14:31-41.
- Freed, A.N. 1988. The use of visual cues for prey selection by foraging treefrogs (*Hyla cinerea*). *Herpetologica* 44:18-24.
- 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.
- Henle, K., A. Dubois & V. Vershinin. 2017. A review of anomalies in natural populations of amphibians and their potential causes. *Mertensiella* 25:57-164.
- Hernández-Vázquez, M.E., M.A. García-Jiménez & R. Montejó-Hernández. 2023. Anomalies in three species of anurans in the state of Chiapas, Mexico. *Reptiles & Amphibians* 30:e20113.
- Huang, M.Y., R.Y. Duan & X. Ji. 2014. Chronic effects of environmentally-relevant concentrations of lead in *Pelophylax nigromaculata* tadpoles: threshold dose and adverse effects. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 104:310-316.
- Johnson, P.T.J., M.K. Reeves, S.K. Krest & A.E. Pinkney. 2010. A decade of deformities: advances in our understanding of amphibian malformations and their implications. *Ecotoxicology of Amphibians and Reptiles* 2:515-540.
- Jones, A. 1967. Green Pigmentation in Neotropical Frogs (Publication No. 6813012.) PhD Dissertation, University of Florida. ProQuest Dissertations & Theses Global. Florida, USA.
- Jungfer, K.H. & L.C. Schiesari. 1995. Description of a central Amazonian and Guianan tree frog, genus *Osteocephalus* (Anura, Hylidae), with oophagous tadpoles. *Alytes* 13:1-13.
- Kiesecker, J.M. 2002. Synergism between trematode infection and pesticide exposure: a link to amphibian limb deformities in nature? *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99:9900-9904.
- Lourenço-de-Moraes, R., A.S.F. Lantyer-Silva, L.F. Toledo & M. Solé. 2013. Tadpole, oophagy, advertisement call, and geographic distribution of *Aparasphenodon arapapa* Pimenta, Napoli, and Haddad, 2009 (Anura, Hylidae). *Journal of Herpetology* 47:575-579.



- Melo, I.V., E.L.C. Quintela, W. Farias, M.A. Caribé, C.L. Lins, F.P.M. Silva, J.C.C. Viana & M.F. Napoli. 2024. First report of ocular heterochromia in the treefrog *Boana albomarginata* (Spix, 1824) (Anura: Hylidae), Atlantic Forest, northeastern Brazil. *Biota Neotropica* 24:e20241624.
- Ouellet, M., J. Bonin, J. Rodrigue, J.L. Desgranges & S. Lair. 1997. Hindlimb deformities (ectromelia, ectrodactyly) in free-living anurans from agricultural habitats. *Journal of Wildlife Diseases* 33:95-104.
- Pedroso-Santos, F., J.S.C. Anaissi, P.H.G. de Lima & C.E. Costa-Campos. 2022. Ocular anomalies in two species of *Osteocephalus* (Anura: Hylidae) from the Amazonian region of northern Brazil. *Phyllomedusa: Journal of Herpetology* 21:211-214.
- Peltzer, P.M., R.C. Lajmanovich, L.C. Sanchez, A.M. Attademo, C.M. Junges, C.L. Bionda, A.L. Martino & B. Agustín. 2011. Morphological abnormalities in amphibian populations from the mid-eastern region of Argentina. *Herpetological Conservation and Biology* 6:432-442.
- Pimenta, B.V.S., M.F. Napoli & C.F.B. Haddad. 2009. A new species of casque-headed tree frog, genus *Aparasphenodon* Miranda-Ribeiro (Amphibia: Anura: Hylidae), from the Atlantic Rainforest of southern Bahia, Brazil. *Zootaxa* 2123:46-54.
- Ramalho, W.P., F. Maffei, V. Guerra, D.P. da Silva, L.R.A. de Matos & L.J.S. Vieira. 2017. Anophthalmia in adults of two Amazonian treefrogs (Anura: Hylidae). *Herpetological Bulletin* 139:43-44.
- Saniasiaya, J. 2020. Heterochromia iridis: more than beautiful eyes. *Postgraduate Medical Journal* 96:721.
- Silva, L.F., A.S.B. Lima, C.F. Dall'Oglio & R.J. Hallal-Jr. 2021. Heterocromia de íris: uma revisão das condições que podem afetar a pigmentação iridiana. *Revista Brasileira de Oftalmologia* 80:e0050.
- Spix, J.B. von. 1824. *Animalia nova sive Species novae Testudinum et Ranarum quas in itinere per Brasiliam annis MDCCCXVII–MDCCCXX jussu et auspiciis Maximiliani Josephi I. Bavariae Regis. München: F.S. Hübschmann.*
- Taboada, C., A.E. Brunetti, C. Alexandre, M.G. Lagorio, J. Faivovich. 2017. Fluorescent frogs: a herpetological perspective. *South American Journal of Herpetology* 12:1-13.



OPHRYACUS UNDULATUS (JAN, 1859) NEW MUNICIPALITY RECORD IN OAXACA, MEXICO

OPHRYACUS UNDULATUS (JAN, 1859) NUEVO REGISTRO MUNICIPAL EN OAXACA, MÉXICO

Angel I. Contreras-Calvario¹, Rafel Beltran-Mas², Tereso López-García¹, Matthias Rös² & Medardo Arreortúa^{1*}

¹ Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. Laboratorio de Ecología de Anfibios. Hornos 1003, Col. Noche Buena, 71230, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México.

² CONAHCYT- Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. Laboratorio de Ecología de Anfibios (ECA). Hornos 1003, Col. Noche Buena, 71230, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México.

*Correspondence: medardo.am@hotmail.com

Received: 2024-12-20. Accepted: 2025-03-25. Published: 2025-06-20.

Editor: Oswaldo Hernández Gallegos, México.

Ophryacus is a genus endemic to Mexico which consists of three species; *O. sphenophrys*, *O. smaragdinus* and *O. undulatus*, distributed along the Sierra Madre Oriental, from Hidalgo and northern Veracruz to the Sierra Madre del Sur in Guerrero and Oaxaca (Grünwald et al., 2015; Castillo-Juárez et al., 2020). In the state of Oaxaca, *O. undulatus* is distributed in the physiographic regions of the Montañas y Valles del Occidente, Sierra Madre de Oaxaca and Sierra Madre del Sur (Solano-Zavaleta et al., 2010; Mara-Silva et al., 2015). Information on the ecology of this species is scarce, only distribution records and some aspects of litter size

have been reported (Ramírez-Jiménez et al., 2016; Godínez-Cano et al., 1995; Grünwald et al., 2015). In this work we report a new municipal record for the state of Oaxaca, in the physiographic sub province of Sierra Madre de Oaxaca (Ortiz-Perez et al., 2004).

México: Oaxaca: Municipality of Teotitlán del Valle, Camino a Benito Juárez (17° 5' 23.15" N 96° 29' 37.49" O; Datum WGS 84; elev. 2,502 m a.s.l.) September 11, 2024. At approximately 12 h, an adult individual (CNAR-RF-997; Fig. 1A) was observed sunning itself on a bush. The site is an open tree canopy, with

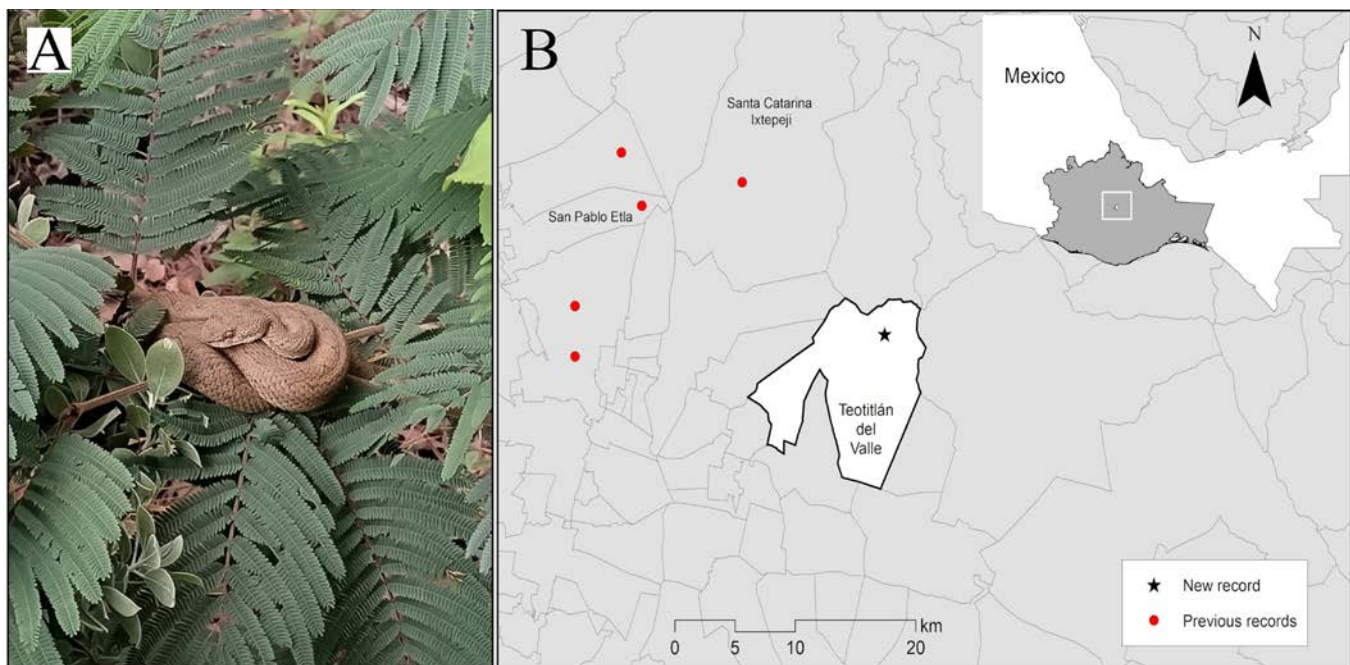


Figura 1. A) *Ophryacus undulatus* en el municipio de Teotitlán del Valle, Oaxaca. B) Nuevo y previos registros de *O. undulatus* en Oaxaca. Photo: Rafel Beltran-Mas.

Figure 1. A) *Ophryacus undulatus* in Municipality of Teotitlán del Valle, Oaxaca. B) New and previous records of *O. undulatus* in Oaxaca. Foto: Rafel Beltran-Mas.

secondary vegetation. The surrounding vegetation consists of pine-oak forest. The specimen was photographed and the image deposited in the Colección de Registros Fotográficos de la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. The closest records correspond to the municipalities of Santa Catarina Ixtepeji (KUH: 116949) and San Pablo Etla (UIMNH: 56855), of 15.8 and 21.54 km by airline respectively (Fig. 1B).

Confirmation of the presence of *O. undulatus* in this new area will help to understand its ecological requirements, such as habitat type and abiotic factors such as elevation or climate and how they influence its distribution (Lomolino et al., 2006; Goyenechea et al., 2024). Additionally, knowing the distribution in new political regions can contribute to developing better local conservation strategies.

Acknowledgements.– We thank the authorities of the municipality of Teotitlan del Valle for permission to work within their territory.

LITERATURE CITED

- Castillo-Juárez, J.L., A.I. Contreras-Calvario, L.P. Taval-Velazquez & M. Sanchez-Eugenio. 2020. New record on the geographic distribution of *Ophryacus smaragdinus* (Grünwald, Jones, Franz-Chávez and Ahumada-Carrillo, 2015) (Viperidae) in the region of the high mountains, Veracruz, Mexico. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 3:121-123.
- GBIF.org. 2024. GBIF Occurrence Download. *Ophryacus undulatus*. <https://doi.org/10.15468/dl.cyhwa7> [Accessed on 04 November 2024]
- Godinez-Cano, E., F. Mendoza-Quijano, M. Mancilla-Moreno & E. Hernandez-Garcia. 1995. Natural history notes: *Ophryacus undulatus* (Mexican Pit Viper). Litter size. *Herpetological Review* 26:149.
- Goyenechea, I.G.M., C.A. Ríos-Muñoz & A.L. Lillo. 2024. First and new geographic records: General considerations for their relevance in Herpetology. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 7:e1224-viii.
- Grünwald, C.I., J.M. Jones, H. Franz-Chávez & I.T. Ahumada-Carrillo. 2015. A new species of *Ophryacus* (Serpentes: Viperidae: Crotalinae) from eastern Mexico, with comments on the taxonomy of related pitvipers. *Mesoamerican Herpetology* 2:388-416.
- Lomolino, M.V., B.R. Riddle & R.J. Whittaker. 2006. *Biogeography*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, USA.
- Lynch, J.D. & H.M. Smith. 1966. New or unusual amphibians and reptiles from Oaxaca, Mexico, II. *Transactions of the Kansas Academy of Science* 69:58-75.
- Mata-Silva V., J.D. Johnson, L.D. Wilson & E. García-Padilla. 2015. The herpetofauna of Oaxaca, Mexico: composition, physiographic distribution, and conservation status. *Mesoamerican Herpetology* 2:6-61.
- Ortiz-Pérez, M.A., J.R. Hernández-Santana & J.M. Figueroa-Mah-Eng. 2004. Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico. Pp. 43-544. In García-Mendoza, A.J. Ordoñez, M. J. & Briones-Salas, M.J. (Eds.), *Biodiversidad de Oaxaca*. Universidad Autónoma de México, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza y WWF, México.
- Ramírez-Jiménez, F., P.R. Simón-Salvador, E. García-Padilla, V. Mata-Silva & L.D. Wilson. 2016. Distribution notes: *Ophryacus undulatus* (Jan, 1859). *Mesoamerican Herpetology* 3:1069.
- Solano-Zavaleta, I., A.A. Mendoza-Hernandez & L. Canseco-Márquez. 2010. Geographic Distribution: *Ophryacus undulatus*. *Herpetological Review* 41:381.



EXPANDING OUR KNOWLEDGE OF ANURANS IN THE COLOMBIAN ANDES: NEW RECORDS OF *PRISTIMANTIS BUCKLEYI* (BOULENGER, 1882) AND RANGE EXTENSIONS FOR *NICEFORONIA ADENOBACHIA* (ARDILA-ROBAYO, RUIZ-CARRANZA, AND BARRERA-RODRÍGUEZ, 1996) AND *NICEFORONIA LATENS* (LYNCH, 1989)

APORTES AL CONOCIMIENTO DE LOS ANUROS EN LOS ANDES COLOMBIANOS: NUEVOS REGISTROS DE *PRISTIMANTIS BUCKLEYI* (BOULENGER, 1882) Y AMPLIACIÓN DEL RANGO DE DISTRIBUCIÓN DE *NICEFORONIA ADENOBACHIA* (ARDILA-ROBAYO, RUIZ-CARRANZA, Y BARRERA-RODRÍGUEZ, 1996) Y *NICEFORONIA LATENS* (LYNCH, 1989)

Germán D. Gallego-Chica¹, Cynthia Ávila-Rojas², Daniel Alejandro Londoño-Campo², Andrés Montes-Londoño³, Larri Álvarez-Rodas⁴ & Kevin J. López-Molina^{1,5*}

¹Grupo de Herpetología de la Universidad del Quindío (GHUQ), Armenia, Quindío, Colombia.

²Grupo de Investigación Ecdysis, Programa de Biología, Universidad del Quindío, Colombia.

³Montes Xperiences Colombia, cr 15, 17-02, Santa Rosa de Cabal, Risaralda, Colombia.

⁴Grupo de Investigación en Biodiversidad y Biotecnología (GIBUQ), Armenia, Quindío, Colombia.

⁵Escuela de Investigación en Biomatemática, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Universidad del Quindío, cr 15, calle 12 n, Armenia, Quindío, Colombia.

*Correspondence: kevinjlopezm02@gmail.com

Received: 2025-02-18. Accepted: 2025-03-20. Published: 2025-06-20.

Editor: Anyelet Valencia-Aguilar, Colombia.

The diversity of anurans in Colombia is remarkable, with approximately 832 reported species, being Centrolenidae (~82 spp.), Dendrobatidae (~103 spp.), Hylidae (~156 spp.), and Craugastoridae (275 spp.), the most representative anuran families in the country (Frost, 2025; Acosta-Galvis, 2025). The Andes, with its diverse altitudinal zones and ecosystems, is recognized as one of the world's most biodiverse regions for amphibians (Hernández-Camacho et al., 1992; Myers et al., 2000; Armesto & Señaris, 2017; Hutter et al., 2017). Despite the Andes' significance as an amphibian hotspot, knowledge gaps persist, particularly regarding ecology, systematics, and geographic distribution of species within the genera *Pristimantis* and *Niceforonia*. These information gaps are due, in part, to the difficulties of species identification, the high degree of plasticity reported in these groups, cryptic diversity, and instability in their taxonomy (Guayasamín et al., 2015; Acosta-Galvis et al., 2018).

Addressing these gaps requires targeted sampling efforts to understand this group, particularly for geographic distribution, as delineating species ranges is essential for effective conservation (Syfert et al., 2014). In addition, these

efforts will be reflected in the understanding of ecological attributes such as their use of microhabitats and prey-predator interactions, aspects that are poorly known in these species. This study presents new records of the Boqueron Robber Frog, *Niceforonia latens* (Lynch, 1989), and Buckley's Robber Frog, *Pristimantis buckleyi* (Boulenger, 1882), in the department of Quindío. Furthermore, we report the first records of *Niceforonia adenobrachia* (Ardila-Robayo, Ruiz-Carranza, and Barrera-Rodríguez, 1996) and *N. latens* in the department of Risaralda. We also document aspects of natural history unknown for the genus *Niceforonia*, particularly, defensive behaviors.

Between 2020 and 2025, we conducted opportunistic surveys in several microhabitats across four localities in the departments of Risaralda and Quindío, to document anuran diversity. These localities are characterized by typical high Andean forest features (sensu Holdridge, 1967) (Fig. 1). In Risaralda, two visits were conducted at Reserva Wild Campo Alegre (La Linda sector, Santa Rosa de Cabal: 4.86103° N, 75.50612° W, 2,926 m a.s.l.) (Fig. 1A), which is part of the Distrito de Conservación de Suelos Campo Alegre, a buffer zone of the Parque Nacional Natural



Figura 1. Ecosistemas muestreados en las cuatro localidades visitadas: A) Reserva Wild Project Campo Alegre, B) Reserva Natural El Jardín, C) Reserva El Mirador, y D) Reserva Natural La Sonadora. Fotos: A) Andrés Montes-Londoño, B) Cynthia Ávila-Rojas, C) Sergio Raul Cruz Suazo y D) Kevin J. López-Molina.

Figure 1. Sampled ecosystems in the four visited locations: A) Reserva Wild Project Campo Alegre, B) Reserva Natural El Jardín, C) Reserva El Mirador, and D) Reserva Natural La Sonadora. Photos: A) Andrés Montes-Londoño, B) Cynthia Ávila-Rojas, C) Sergio Raul Cruz Suazo, and D) Kevin J. López-Molina.

Los Nevados. In Quindío, one visit was conducted to each of the following localities: Reserva Natural El Jardín (Génova: 4.15069° N, 75.74274° W, 2,887 m a.s.l.) (Fig. 1B), Reserva El Mirador (Génova: 4.13981° N, 75.73573° W, 3,264 m a.s.l.) (Fig. 1C), and Reserva Natural La Sonadora (Calarcá: 4.43163° N, 75.61977° W, 3,100 m a.s.l.) (Fig. 1D).

Species identification was conducted in the field (no individuals were collected) and was based on species descriptions (Boulenger, 1882; Lynch, 1989; Ardila-Robayo et al., 1996) and relevant literature (e.g., Lynch, 1981; Ardila-Robayo et al., 2004; Rojas-Morales & Marín-Martínez, 2019). *Niceforonia adenobranchia* is distinguished from other species in the genus by its smooth dorsal skin with scattered tubercles; light to dark

brown dorsal coloration, with a cream axillary and inguinal patch; tubercles on the upper eyelid; differentiated tympanum, but hidden under the skin; prominent tarsal tubercle, unwebbed digits; granular ventral skin; cream-colored ventral coloration with dark brown to black reticulations or vermiculations (Ardila-Robayo et al., 1996, 2004). The three individuals identified as *N. latens* exhibited the characteristics described by Lynch (1989): snout rounded in dorsal view; canthus rostralis rounded; smooth dorsal and ventral skin, except for the lower back which has scattered tubercles; dorsum brown, darker laterally; venter dark brown with pale flecks; yellow blotch in the groin (cream in *N. adenobranchia*) (Fig. 2A, C); tympanum concealed; dorsolateral folds incomplete; first finger longer than second; fingers lacking discs; ulnar fold present; no tarsal tubercles (present

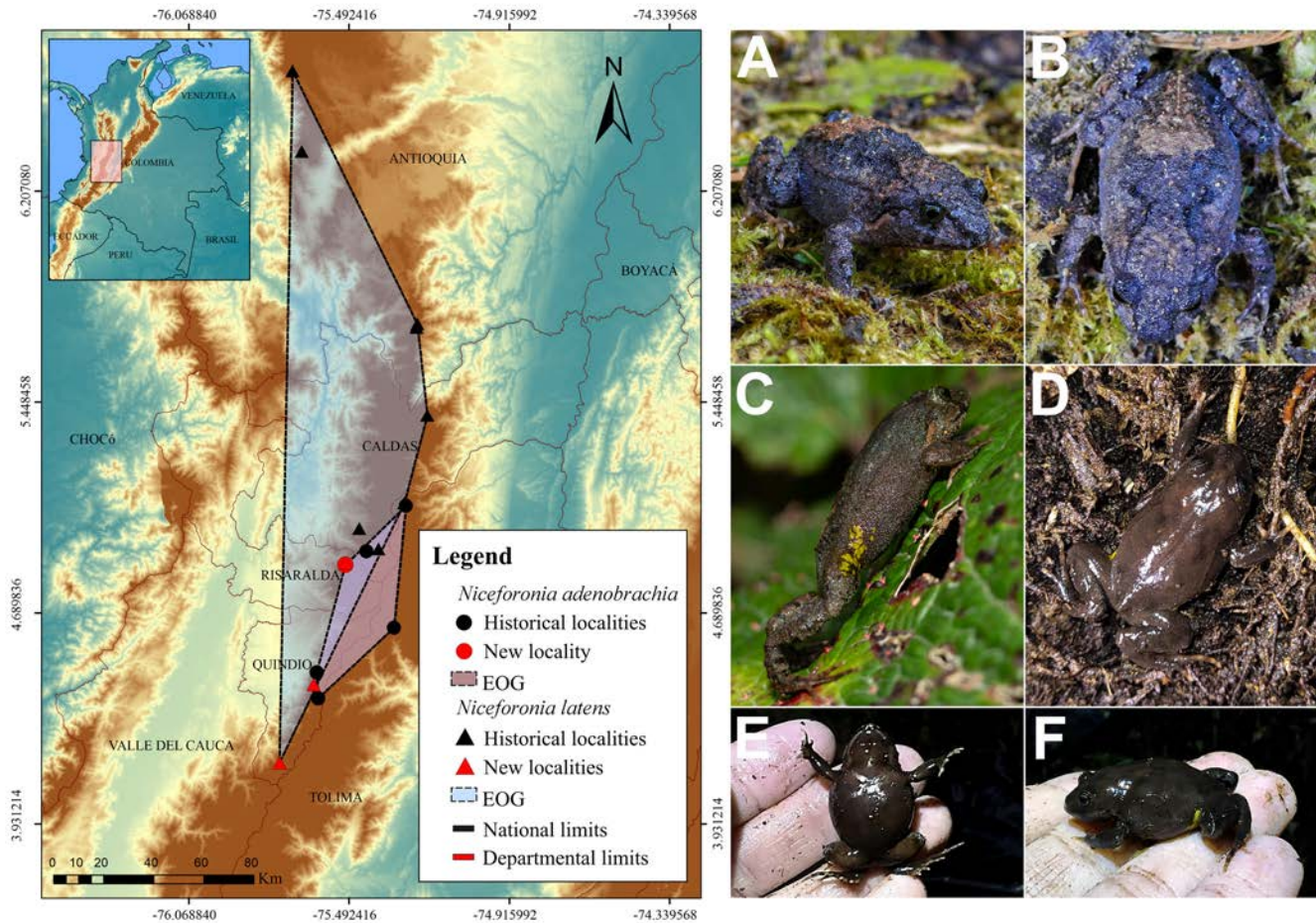


Figura 2. Mapa de distribución de *Niceforonia adenobrachia* y *N. latens*. A) Vista dorsolateral y B) dorsal de *N. adenobrachia* C) vista lateral y D) dorsal de *N. latens*; y E-F) individuo de *N. latens* inflando el cuerpo. Fotos: A-C) Andrés Montes-Londoño, D) Daniel Alejandro Londoño-Campo y E-F) Cynthia Ávila-Rojas.

Figure 2. Distribution map of *Niceforonia adenobrachia* and *N. latens*. A) Dorsolateral view and B) dorsal view of *N. adenobrachia*; C) lateral view and D) dorsal view of *N. latens*; and E-F) *N. latens* individual displaying body inflation. Photos: A-C) Andrés Montes-Londoño, D) Daniel Alejandro Londoño-Campo, and E-F) Cynthia Ávila-Rojas.

in *N. adenobrachia*); indefinite inner and outer tarsal folds; two metatarsal tubercles; toe tips with slightly expanded discs (Lynch, 1989; Rojas-Morales & Marín-Martínez, 2019). *Pristimantis buckleyi* can be distinguished from other *Pristimantis* species by its rounded snout, as long as the greatest orbital diameter; canthus rostralis distinct; distinct tympanic membrane and annulus; labial stripe white or cream; low dorsolateral folds; variable dorsal coloration: grayish to yellowish-brown, reddish, or black; skin of upper surfaces with small smooth warts; brown granular belly, with dark spots or marbling; fingers with broad, expanded discs on truncate pads; absence of tarsal, calcar, and ulnar tubercles; males lacking vocal sac (Boulenger, 1882; Lynch, 1981).

Additionally, we compiled geographic records for the three species from the Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2025a, b, c), using the filters ‘Basis of record: preserved specimen’ and ‘Occurrence: including coordinates’ to minimize taxonomic identification biases (Ríos-Muñoz & Espinosa-Martínez, 2019). These records were complemented with data from recent publications (Romero-García et al., 2015; Rojas-Morales & Marín-Martínez, 2019; Cuellar-Valencia et al., 2020). For *P. buckleyi*, only Colombian records were included given its broader distribution in Ecuador (Frost, 2025). To quantify the geographic distance between our records and those compiled, we used a tool in Google Earth Pro® that measures distance considering elevation profiles (i.e., not linear distances). For *N. adenobrachia* and *N. latens*, categorized as Endangered (EN) and Vulnerable

(VU), respectively (IUCN, 2017a, b), we calculated the Minimum Convex Polygon (MCP) to estimate their distribution ranges. MCPs were calculated using the Minimum Bounding Geometry algorithm in QGIS v. 3.34.13 (QGIS.org, 2025).

A total of one *N. adenobrachia*, three *N. latens*, and one *P. buckleyi* individual were recorded across the four localities. In the Reserva Wild Campo Alegre (Risaralda), one adult *N. adenobrachia* (8:03 h) and one adult *N. latens* (14:04 h) (Fig. 2A-D) were found under rocks less than five meters from the road (Fig. 1A). On the other hand, in the La Sonadora and El Jardín reserves (Quindío), two additional *N. latens* individuals were found under leaf litter, one during the day (13:12 h) and one at night (19:21 h) (Fig. 2). Notably, the individual found in El Jardín was buried 15 cm deep among roots (Fig. 2D) and displayed defensive behaviors such as body inflation when disturbed (Fig. 2E-F). In the Reserva El Mirador (Quindío), an adult *P. buckleyi* was observed perched on a rocky substrate by the roadside at 01:47 h (Fig. 3A-B). Additionally,

several individuals were heard calling in a nearby flooded area with muddy substrate and low vegetation characteristic of the páramo transition.

A total of 112 geographic records were obtained for the three species. *Niceforonia adenobrachia* was represented by seven records from the departments of Caldas, Quindío, and Tolima, with a new record reported here for Risaralda (Fig. 2). This new record extends the species' known distribution by 10.3 km from the nearest locality (Vereda Playa Larga, Caldas: 4.90997° N, 75.43017° W) and by 35.9 km from the type locality (Herveo, Tolima: 5.07401° N, 75.28820° W). For *N. latens*, a total of eight records were obtained from the departments of Antioquia, Caldas, and Tolima, with three additional records from Quindío and Risaralda (Fig. 2). In particular, the record from El Jardín represents the southernmost known distribution for the species (Fig. 2). The records from El Jardín and the Reserva Wild Project are 86.6 km apart. These localities, in turn, are 250 km and 172

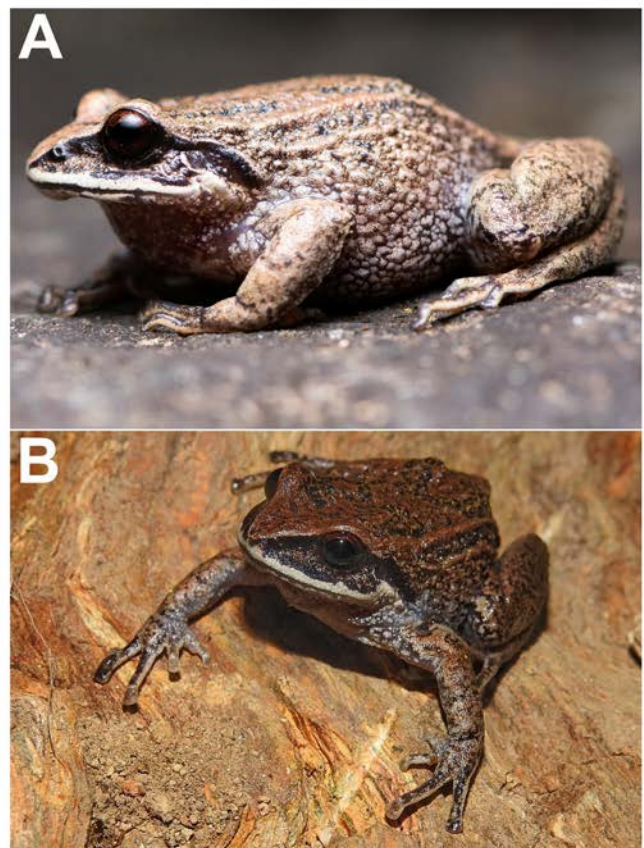
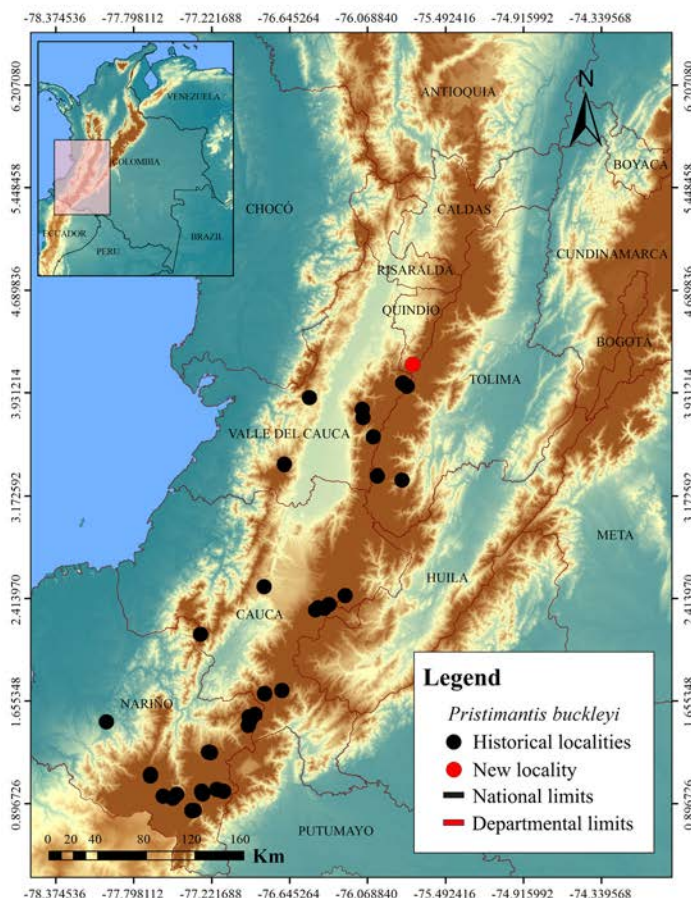


Figura 3. Mapa de distribución de *Pristimantis buckleyi* en Colombia. A) Vista lateral, B) vista dorsolateral. Fotos: A) Germán D. Gallego-Chica, and B) Sergio Raul Cruz Suazo.

Figure 3. Distribution map of *Pristimantis buckleyi* in Colombia. A) Lateral view, B) dorsolateral view. Photos: A) Germán D. Gallego-Chica, and B) Sergio Raul Cruz Suazo.

km, respectively, from the type locality (Serranía Las Baldías, Boquerón, Antioquia: 6.3495° N, 75.6624° W). MPCs indicated that the distribution ranges of *N. adenobrachia* and *N. latens* were 1258.46 km² and 8952.03 km², respectively (Fig. 2, 3). For *P. buckleyi*, 93 records were obtained from Cauca, Nariño, Tolima, and Valle del Cauca. This study presents a new record for Quindío (Fig. 3), 18.4 km from the nearest previously known locality in Sevilla, Valle del Cauca (4.0005° N, 75.80719° W).

These results not only provide the first records of the studied species in the departments of Quindío and Risaralda, but also expand the distribution ranges of two Colombian endemic species, *N. adenobrachia* and *N. latens*, and fill gaps in the distributions of *P. buckleyi* and *N. latens* in Quindío and Risaralda, respectively (Fig. 2, 3). In particular, *P. buckleyi* is distributed across the Colombian Central Massif, both slopes of the Cordillera Central, and the eastern slope of the Cordillera Occidental in the departments of Cauca, Nariño, Quindío, Tolima, and Valle del Cauca, at elevations between 1,900 and 3,700 m a.s.l. (Acosta-Galvis, 2023; Frost, 2025; this study). Our record confirms the species' presence in Quindío, as suggested by its distribution polygon (sensu IUCN, 2023).

For *N. adenobrachia*, which is distributed in the departments of Caldas, Quindío, Risaralda, and Tolima (Buitrago-González et al., 2016; Frost, 2025; Acosta-Galvis, 2025; this study), our records also extend its known altitudinal range from 2,926 (this study) to 3,872 m a.s.l. (sensu IUCN, 2017a). On the other hand, *N. latens* has been recorded in Antioquia, Caldas, Tolima, Risaralda, and Quindío, at elevations between 2,600 and 3,200 m a.s.l. (Rojas-Morales & Marín-Martínez, 2019; Acosta-Galvis, 2025; this study). The species' presence in Risaralda and Quindío has been debated. Acosta-Galvis (2000) previously reported *N. latens* in Quindío and Risaralda, and its distribution polygon (sensu IUCN, 2017b) suggests its presence in these departments. However, there is no associated information to support these records (i.e., locality, voucher, or photographs). Consequently, Gómez-Hoyos et al. (2017) did not include the species in their amphibian list for Quindío. In this context, our study provides the first formal records of *N. latens* for both departments.

Concerning distribution ranges, *N. adenobrachia* has an extent of occurrence of 2,213 km², while *N. latens* has an extent of occurrence of 6,764 km² (sensu IUCN, 2017a, b). Our new records expand these ranges to 1,258.46 km² and 8,952.03 km², respectively. However, according to IUCN (2012) criteria for the Endangered (EN) and Vulnerable (VU) categories, these expansions do not indicate potential changes in the conservation status of these species. It is also important to note that MCPs may

include unsuitable habitats for the species, and further analyses are required to determine the actual Areas of Occupancy (AOO). In terms of conservation, all records were obtained in areas with varying degrees of environmental protection. However, those from the Reserva Wild Campo Alegre were located at the roadside (Fig. 1A), highlighting the need to assess potential impacts on population dynamics of both species. Although *N. latens*, *N. adenobrachia*, and *P. buckleyi* fall into different threat categories (IUCN, 2017a, b, 2023), they face similar anthropogenic pressures. *N. adenobrachia* and *N. latens* are categorized as EN and VU, respectively, due to habitat degradation as a consequence of deforestation, agricultural activities, livestock farming, and mining (IUCN, 2017a, b). Although *P. buckleyi* is categorized as Least Concern (LC) due to its wide distribution and tolerance of moderately disturbed habitats (e.g., crops), it is also exposed to similar threats (IUCN, 2023).

Additionally, our observations provide new data on the natural history of the species, documenting for the first time a defensive mechanism in *N. latens*, which is known as body inflation (Fig. 2E-F). This is the first record of this behavior within the genus *Niceforonia*. Body inflation has been reported in species of 30 anuran families (see Ferreira et al., 2019), and within Craugastoridae, it had been reported only for the genera *Pristimantis* and *Strabomantis* (Heatwole, 1962; Ferreira et al., 2019). This anti-predator strategy, which increases body size, is thought to reduce predation risks by deceiving predators, making ingestion or manipulation more difficult, or even intimidating potential predators (Toledo et al., 2011; Caro, 2014; Ferreira et al., 2019). Our findings highlight the need for further research on the distribution, ecology, and ethology of species with limited information, especially those threatened by habitat transformation. The implementation of long-term studies will allow us to understand their population dynamics and thus, design effective conservation strategies.

We report *Niceforonia latens* and *Pristimantis buckleyi* for the first time in the department of Quindío, as well as *N. latens* and *N. adenobrachia* in the department of Risaralda. These records extend the distribution ranges of the two *Niceforonia* species and fill gaps in the distribution of *P. buckleyi*. Additionally, our study enhances knowledge about the diversity and composition of amphibian communities in both departments, highlighting the importance of high-Andean ecosystems as biodiversity refuges. Further surveys of Colombian high-Andean forests, especially in underexplored areas such as the mountainous municipalities of the Quindío and the buffer zones of the Parque Nacional Natural Los Nevados in Risaralda, remain a priority. Furthermore, the documentation of body inflation in *N. latens* contributes to the

understanding of poorly studied natural history aspects of this genus, offering new perspectives for studying predator-prey interactions. Integrating ecological research with conservation strategies could ensure effective management of anuran diversity and the protection of their ecosystems.

Acknowledgements. – The authors thank the owners of the Reserva Wild Project, Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ), Fundación ProAves and the Comité de Cafeteros del Quindío for allowing us access to the mentioned localities. We also thank Leonardo Delgado-Santa, Sergio Raul Cruz Suazo, Heiler Uribe Parra, Jhon James Merchán Ángel, and Jhonier Estiven Osorio Salazar for their support in the field and for providing the photographs. CAR and DALC thank the members of Ecdysis research group. Also, CAR and DALC received logistical and financial support from the research project ‘Insectos, Arácnidos y Miriápodos de bosques montanos del Quindío: estrategias para el reconocimiento de la biodiversidad’ of the Ecdysis research group of the Universidad del Quindío. No specimens were collected in this study, and ethical guidelines for the handling of individuals, as dictated by the respective institutions, were followed.

LITERATURE CITED

- Acosta-Galvis, A.R. 2000. Ranas, salamandras y caecílias (Tetrapoda: Amphibia) de Colombia. *Biota Colombiana* 289-319.
- Acosta-Galvis, A.R., J.W. Streicher, L. Manuelli, T. Cuddy & R.O. De Sa. 2018. Molecular insights into the phylogenetic placement of the poorly known genus *Niceforonia* Goin & Cochran, 1963 (Anura: Brachycephaloidea). *Zootaxa* 4514:487-500.
- Acosta-Galvis, A.R. 2025. Lista de los Anfibios de Colombia: Referencia en línea V.15.2025. Página web accesible en <http://www.batrachia.com>; Batrachia, Villa de Leyva, Boyacá, Colombia. [Accessed in January 2025]
- Ardila-Robayo, M.C., P.M. Ruiz-Carranza & M. Barrera-Rodríguez. 1996. Una nueva especie de *Phrynopus* (Amphibia, Anura, Leptodactylidae) de la cordillera Central colombiana. *Lozania* 67:1-10.
- Ardila-Robayo, M.C., R.A. Maldonado-Silva & D.P. Montealegre. 2004. Ranita fortachona *Phrynopus adenobranchius*. Pp.283-286. In Rueda-Almonacid, J.V., J.D. Lynch & A. Amézquita (Eds.), *Libro Rojo de los Anfibios de Colombia*. Panamericana Formas e Impresos, S.A., Bogotá, Colombia.
- Armesto, L.O. & J.C. Señaris. 2017. Anuros del norte de los Andes: patrones de riqueza de especies y estado de conservación. *Papéis Avulsos de Zoología* 57:491-526.
- Boulenger, G.A. 1882. Catalogue of the Batrachia Salientia s. Ecaudata in the Collection of the British Museum. Second Edition. Taylor and Francis, London, UK.
- Buitrago-González, W., J.H. López-Guzmán & F. Vargas-Salinas. 2016. *Niceforonia adenobranchia* Ardila-Robayo, Ruiz-Carranza & Barrera-Rodríguez, 1996 (Amphibia: Anura: Craugastoridae): extension of geographical distribution in the Central Andes of Colombia. *Check List* 12:1845.
- Caro, T. 2014. Antipredator deception in terrestrial vertebrates. *Current Zoology* 60:16-25.
- Cuellar-Valencia, O.M., A.G. Figueroa & W. Bolívar-García. 2020. New country records and range extensions for *Pristimantis buckleyi* (Boulenger, 1882) and *Pristimantis jubatus* (García and Lynch, 2006) (Anura: Craugastoridae) in the south-western Colombia. *Herpetology Notes* 13:609-612.
- Ferreira, R.B., R. Lourenço-de-Moraes, C. Zocca, C. Duca, K.H. Beard & E.D. Brodie. 2019. Antipredator mechanisms of post-metamorphic anurans: a global database and classification system. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 73:1-21.
- Frost, D.R. 2025. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.2. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA. [Accessed on June 2025]
- GBIF.org. 2025a. GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.bz4ejy> [Accessed on January 2025].
- GBIF.org. 2025b. GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.xrcn68> [Accessed on January 2025].
- GBIF.org. 2025c. GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.bgtpw3> [Accessed on January 2025].
- Gómez-Hoyos, D.A., C.A. Ríos-Franco, J. Vanegas-Guerrero & J.F. González-Maya. 2017. Estado y prioridades de conservación de los anfibios del departamento del Quindío, Colombia. *Arxius de Miscel·lània Zoològica* 15:207-223.
- Guayasamin, J.M., T. Krynak, K. Krynak, J. Culebras & C.R. Hutter. 2015. Phenotypic plasticity raises questions for taxonomically



- important traits: a remarkable new Andean rainfrog (*Pristimantis*) with the ability to change skin texture. *Zoological Journal of the Linnean Society* 173:913–928.
- Heatwole, H. 1962. Contributions to the natural history of *Eleutherodactylus cornutus* maussi. *Stahlia* 2:1–11.
- Hernández-Camacho, J., A. Hurtado, R. Ortiz & T. Walschburger. 1992. Unidades biogeográficas de Colombia. Pp. 105–152. In Halffter, G. (Comp.), *La Diversidad Biológica de Iberoamérica I*. Acta Zoológica Mexicana, Nueva Serie, Volumen Especial. CYTED-D, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Instituto de Ecología, A.C. Secretaría de Desarrollo Social. Xalapa, Veracruz, México.
- Holdridge, L.R. 1967. Life Zone Ecology. Tropical Science Center, San José, Costa Rica.
- Hutter, C.R., S.M. Lambert & J.J. Wiens. 2017. Rapid diversification and time explain amphibian richness at different scales in the Tropical Andes, Earth's most biodiverse hotspot. *The American Naturalist* 190:828–843.
- IUCN. 2012. Red List categories and criteria, version 3.1, Second edition. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2017a. *Niceforonia adenobrachia*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T57198A85894745. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T57198A85894745.en>. [Accessed on January 2025].
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2017b. *Hypodactylus latens*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T56702A85871475. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T56702A85871475.en>. [Accessed on January 2025].
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2023. *Pristimantis buckleyi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2023: e.T56481A61409480. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2023-1.RLTS.T56481A61409480.en>. [Accessed on January 2025].
- Lynch, J.D. 1981. Leptodactylid Frogs of the genus *Eleutherodactylus* in the Andes of Northern Ecuador and Adjacent Colombia. University of Kansas Publications, Museum of Natural History 72:1–46.
- Lynch, J.D. 1989. Intrageneric relationships of mainland *Eleutherodactylus* (Leptodactylidae). I. A review of the frogs assigned to the *Eleutherodactylus discoidalis* species group. *Contributions in Biology and Geology*. Milwaukee Public Museum 79:1–25.
- Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A. Da Fonseca & J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853–858.
- QGIS.org. 2025. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org>.
- Ríos-Muñoz, C.A. & D.V. Espinosa-Martínez. 2019. Datos biológicos: fuentes y consideraciones. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 2:5–14.
- Rojas-Morales, J.A. & M. Marín-Martínez. 2019. Diversity, structure and natural history of amphibians in the upper Claro River basin, a buffer zone of the National Natural Park Los Nevados, Central Cordillera of Colombia. *Journal of Threatened Taxa* 11,3:13261–13277.
- Román-Palacios, C., S. Fernández-Garzón, A. Valencia-Zuleta, A.F. Jaramillo-Martínez & R.A. Viáfara-Vega. 2017. Lista anotada de la herpetofauna del departamento del Quindío, Colombia. *Biota Colombiana* 18:251–281.
- Romero-García, J., S. Clavijo-Garzon & M.H. Bernal. 2015. The advertisement call of three highland endemic species (Anura: Craugastoridae) from the Andean mountains of Colombia. *Zootaxa* 4007:298–300.
- Syfert, M.M., L. Joppa, M.J. Smith, D.A. Coomes, S.P. Bachman & N.A. Brummitt. 2014. Using species distribution models to inform IUCN Red List assessments. *Biological Conservation* 177:174–184.
- Toledo, L.F., I. Sazima & C.F. Haddad. 2011. Behavioural defences of anurans: an overview. *Ethology Ecology & Evolution* 23:1–25.

