



REVISTA
LATINOAMERICANA
DE HERPETOLOGÍA

ANFIBIOS Y REPTILES: DIVERSIDAD E HISTORIA NATURAL
VOLUMEN 07 NÚMERO 01 ENERO-MARZO 2024 ISSN: 2594-2158

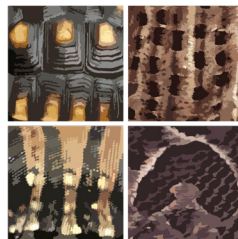




Es una publicación con el apoyo de



Asociación Herpetológica Argentina



SBH
SOCIEDADE BRASILEIRA DE
HERPETOLOGIA



Asociación Colombiana de Herpetología
ACHerpetología



revistas
UNAM



Scientific Electronic Library Online



ISSN: 2594-2158 Volumen 07, Número 01, Enero-Marzo 2024

Foto de portada: *Corallus batesii*, zona de amortiguamiento del Parque Nacional del Manu, Madre de Dios, Perú .

Foto: Joseph L. Oakley,

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

Contacto: revista.latin.herpetologia@gmail.com

Revista Latinoamericana de Herpetología, año 7, no. 1, enero-marzo 2024, es una Publicación continua editada por la Sociedad Herpetológica Mexicana A. C., Dirección: Instituto de Biología SN, Ciudad Universitaria, Coyoacán, C.P. 04510, <http://herpetologia.fciencias.unam.mx/index.php/revista>, tel. (55) 56224800 ext. 44724, revista.latin.herpetologia@gmail.com, Editor responsable: Leticia Margarita Ochoa Ochoa. Reserva de derechos al Uso Exclusivo No. 04-2018-100215505800-203 ISSN: 2594-2158, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Departamento de Biología Evolutiva, Leticia Margarita Ochoa Ochoa, Facultad de Ciencias, UNAM, Ciudad Universitaria, Coyoacán, C.P. 04510, fecha de última modificación, 30/noviembre /2018.



CONSEJO EDITORIAL

Editor-en-Jefe

Leticia M. Ochoa Ochoa (México)

Editoras Adjuntas

Antonieta Labra Lillo (Chile)

Adriana Manzano (Argentina)

Irene Goyenechea Mayer-Goyenechea (México)

Editores Consejeros

Teddy Angarita Sierra (Colombia)

Francisco Brusquetti (Paraguay)

Juan Manuel Guayasamin (Ecuador)

Oscar A. Flores Villela (México)

Rodrigo Macip Ríos (México)

Marcio Martins (Brasil)

Felipe Rabanal (Chile)

Rafael O. de Sá (U.S.A.)

Editores Senior

Dr. Marcio Martins (Artigos em português)

Dr. Sean M. Rovito (English papers)

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

English style corrector

Brett Butler (México)

Diseño editorial

Andrea Vargas Fernández (México)

Eugenio Froylan Rascón León (México)

Leticia M. Ochoa Ochoa (México)

COMITÉ EDITORIAL 2024-2026

Editores Asociados

Katyuscia Araujo-Vieira (Brasil)

Pier Cacciali (Paraguay)

Alessandro Catenazzi (Perú)

Juan Manuel Carvajalino Fernández (Colombia)

Pierre A.R.R.H. Charruau (México)

Thaís Condez (Brasil)

Marissa Fabrezi (Argentina)

Ana Gatica Colima (México)

Jimena Grosso (Chile)

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)

Ernesto Raya García (México)

César A. Ríos Muñoz (México)

Vivian P. Páez (Colombia)

Nicolás Pelegrin (Brasil)

María Laura Ponssa (Argentina)

José Manuel Serrano (México)

Luis Sigler (Estados Unidos)

Jenny C. Urbina (Colombia)

Anyelet Valencia-Aguilar (Colombia)

Julián Andrés Velasco Vinasco (México)

Nelson Velásquez (Chile)

CONTENIDO

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

BEHAVIORAL ASSESSMENT REVEALS SOCIAL AGGREGATIONS IN *PETROSAURUS THALASSINUS* ..
..... **19**

Ingrid C. Morales-Méndez, Makenna M. Orton, Janey B. Haddock, Lorena Siles-Cervantes, Marcia Y. Valenzuela-Molina, María A. Eifler, María de L. Ruiz-Gomez & Douglas A. Eifler

REPERTORIO DE SEÑALES ACÚSTICAS EN LA RANA DE CRISTAL *HYALINOBATRACHIUM TATAYOI* (ANURA: CENTROLENIDAE) **60**

Maribel Rojas-Montoya, Yelenny López-Aguirre, Cristian González-Acosta & Fernando Vargas-Salinas

HERPETOFAUNA DEL MUNICIPIO DE BALANCÁN, TABASCO, MÉXICO **83**

Daniel Jesús-Espinosa, Pedro E. Nahuat-Cervera, Fernando M. Contreras-Moreno, Nelson M. Cerón-de la Luz, Pedro Bautista-Ramírez, Jorge F. Cortes-García, Atilano Mosqueda-Jiménez & Antonio de Jesús Vidal Jiménez

MODELAMIENTO DE NICHOS ECOLÓGICOS DE DOS ESPECIES DE SALAMANDRAS NEOTROPICALES (PLETHODONTIDAE): *OEDIPINA PARVIPES* (PETERS, 1879) Y *OEDIPINA COMPLEX* (DUNN, 1924) **99**

Andrés Ricardo López-Preciado, Cristian Camilo Ramírez-Geleano & Laura Nathaly Garzón-Matamoros

EFFECTO DE BORDE SOBRE ANUROS DEL BOSQUE SECO TROPICAL, POTREROS Y PLANTACIONES DE PALMA DEACEITE, Y SU RELACIÓN CON VARIABLES AMBIENTALES EN EL CARIBE COLOMBIANO **149**

Estefanía Del Carmen Silvera Chimá, Julio Cesar Acuña-Vargas & Nicolas Urbina-Cardona

NOTAS CIENTÍFICAS

FIRST RECORD OF ALBINISM IN TADPOLES OF *PTYCHOHYLA EUTHYSANOTA* (ANURA: HYLIDAE)....
..... **1**

Jimena García-Díaz, Daniel Nuñez-Robles & Daniel Ariano-Sánchez

MICROHÁBITAT SUBTERRÁNEO POR LA SERPIENTE DE TIERRA *CONOPSIS BISERIALIS* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) **4**

Ernesto Raya-García

PRIMER REPORTE DE DEPREDACIÓN DE *BOANA PUGNAX* (HYLIDAE) E INTENTO DE DEPREDACIÓN DE *OSTEOCEPHALUS TAURINUS* (HYLIDAE) POR *LEPTOPHIS COERULEODORSUS* (COLUBRIDAE) EN COLOMBIA..... **8**

Ronald Alessandro Díaz-Flórez, Luis Arley Muñoz Sarmiento Sebastián Di Domenico

PRIMER REGISTRO DE DEPREDACIÓN DE *XENOSAURUS* (XENOSAURIDAE) POR *AMASTRIDIMUM SAPPERI* (DIPSADIDAE) CON COMENTARIOS SOBRE SU DISTRIBUCIÓN **12**

Bruno Cortés-Ortiz, Dulce L. Flores-Martinez, Luis A. Cadena-Escobar, Misael Seba-Chacha, Leopoldo D. Vázquez Reyes, Francisco A. Rivera Ortiz, Patricia Ramírez Bastida, Salomón Sanabria-Urbán & Víctor H. Jiménez-Arcos

KYPHOSIS IN THE POND TURTLE *ACTINEMYS PALLIDA* (EMYDIDAE) FROM BAJA CALIFORNIA, MEXICO **33**

Jorge H. Valdez-Villavicencio, Brayan E. León-Serrano & Anny Peralta-García

- LYSAPSUS LIMELLUM* (ANURA: HYLIDAE): AVIAN PREDATION BY *BUTORIDES STRIATA* (PELECANIFORMES: ARDEIDAE) IN THE PANTANAL WETLAND, BRAZIL **40**
Caio M. Mello, Bruno B. Loureiro, Fabrício H. Oda, Elisa S. Monteiro, Henrique Olsen & Thiago Silva-Soares
- PRIMER REGISTRO DE ERITRISMO EN *THAMNOPHIS SCALARIS* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) EN EL ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO **52**
Laura Sonia Arzate-Garay, Sofia Aimee Quiroz-Adrian, Luis Fernando Hernández-Sánchez, Edgar Oviedo-Hernández, Oswaldo Hernández-Gallegos & Josele Ricardo Flores-Santin
- GEOGRAPHIC DISTRIBUTION AND NATURAL HISTORY OF *TANTILLA SCHISTOSA* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) **112**
Maisie G. MacKnight, Roberto Luna-Reyes & Adam G. Clause
- TALLA MÁXIMA EN LA CULEBRA CHATA DE BAIRD *SALVADORA BAIRDI* (COLUBRIDAE) **123**
Sharon Yedid Valdez-Rentería & Hublester Domínguez-Vega
- DEPREDACIÓN DE *ANOLIS RODRIGUEZII* (DACTYLOIDAE) POR *OXYBELIS POTOSIENSIS* (COLUBRIDAE) EN EL SURESTE DE MÉXICO
..... **126**
Julio C. Hernández-Hernández, Daniela Palacios-Hernández, Christian E. Salden-Carrillo & Williams E. Reyes-Gamboá
- AMPLEXOS INTERESPECÍFICOS DE MACHOS DE *SMILISCA CYANOSTICTA* (ANURA: HYLIDAE)..... **130**
Aristides García-Vinalay, Pedro Misael Villa Fernández, Linda Lili Hernández Marmolejo, Alejandro Emanuel Zúñiga Sánchez, Miguel A. de la Torre Loranca & Uri Omar García-Vázquez
- THE COMMON GREEN IGUANA, *IGUANA IGUANA* (LINNAEUS, 1758) AS A FRUIT EATER OF “TAPEREBÁ” (*SPONDIAS MOMBIN L.*) IN THE EASTERN AMAZONIA **134**
Jéssica Stefany Costa Anaissi, Huann Carillo Gentil Vasconcelos & Carlos Eduardo Costa-Campos
- FIRST PREDATION RECORD ON A CAECILIAN, *CAECILIA SP.* (GYMNOPHIONA: CAECILIIDAE), BY THE POORLY KNOWN CAUCA CORALSNAKE, *MICRURUS MULTISCUTATUS* (SQUAMATA: ELAPIDAE) **143**
Felipe Barrera-Ocampo & Timothy R. Forrester
- FIRST RECORD OF ANOPHTHALMIA IN THE EMERALD TREE BOA (*CORALLUS BATESII*) **174**
G. Milagros Reyes-Lizarraga, Jackeline A. Mendoza-Soto, Luis Echevarria-Macassi & Joseph L. Oakley
- NOTES ON THE DIET OF THE GROUD SNAKES *PLIOCERCUS EURYZONUS* AND *UROTHECA GUENTHERI* (SQUAMATA: DIPSADIDAE) FROM COSTA RICA .
..... **177**
Juan G. Abarca, Donald V. Soto, Claudia Gómez-Campos, Matthew J. O'Donnell & Naiara Guimaraes Sales
- FAILED PREDATION OF A NEWBORN CALF BY THE CENTRAL AMERICAN COMMON BOA (*Boa IMPERATOR*: SERPENTES: BOIDAE) IN COSTA RICA **181**
Alejandro Solórzano & Mahmood Sasa
- CAPTURA DE LAGARTIJA DEL MEZQUITE (*SCELOPORUS GRAMMICUS*) POR ARAÑA VIUDA CAFÉ (*LATRODECTUS GEOMETRICUS*) EN OAXACA, MÉXICO **185**
Sadoth Vázquez Mendoza & Nallely Martínez-Sánchez
- POSIBLE EVENTO DE DEPREDACIÓN DIURNA DE *PEROMYSCUS MELANOTIS* (CRICETIDAE) POR LA SERPIENTE DE CASCABEL OSCURA MEXICANA, *CROTALUS TRISERIATUS* (VIPERIDAE) EN EL PARQUE NACIONAL LA MALINCHE, MÉXICO **188**
Cecilia Cuatianquiz Lima, Bibiana Montoya, Fernando Aguilar & Aníbal H. Díaz de la Vega-Pérez
- ATTEMPTED CONSUMPTION ON A WHITE-WINGED DOVE (*ZENAIDA ASIATICA*) CHICK BY A COMMON GREEN IGUANA (*IGUANA IGUANA*)
..... **191**
Roger Naim Carballo-Cauich & José Rogelio Cedeño-Vázquez
- NOTAS DE DISTRIBUCIÓN**
- SALVADORA INTERMEDIA* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) **37**
Medardo Arreortúa, César Camilo Julián-Caballero & Angel I. Contreras-Calvario



FIRST RECORD OF THE MEXICAN CAECILIAN, *DERMOPHIS MEXICANUS* (DERMOPHIIDAE), IN COSTA RICA 44
 Juan Pinto, Gerardo Chávez, Erick Arias & Juan G. Abarca

INDOTYPHLOPS BRAMINUS (TYPHLOPIDAE) 49
 Erika Adriana Reyes-Velázquez, Aldo Gómez-Benitez & Oswaldo Hernández-Gallegos

CROTALUS INTERMEDIUS (VIPERIDAE) 56
 Rafael Canales-Pérez, Leonardo Fernández-Badillo & Nallely Morales-Capellán

BASILISCUS VITTATUS (LACERTILIA: CORYTOPHANIDAE) 58
 Medardo Arreortúa, Angel I. Contreras-Calvario & Edna González-Bernal

NUEVOS REGISTROS DISTRIBUCIONALES DE ANFIBIOS Y REPTILES EN EL ESTADO DE OAXACA, MÉXICO 137
 Elí García-Padilla, Iván Villalobos-Juárez, Leonel Bautista-Bautista, Celestino Méndez-Hernández, Carlos Augusto Torres-Barragán, Cristian Tomás-López, Bartolomé López-Jiménez, José Manuel Martínez-Cruz & Martín Sosa-Reyes



ISSN: 2594-2158 Volumen 07, Número 01, Enero-Marzo 2024

Depredación y proceso de ingesta de *Urotheca guentheri* en una culebra cafetalera *Ninia maculata*.

Fotos: Henry Brenes González.

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

Contacto: revista.latin.herpetologia@gmail.com



FIRST RECORD OF ALBINISM IN TADPOLES OF *PTYCHOHYLA EUTHYSANOTA* (ANURA: HYLIDAE)

PRIMER REGISTRO DE ALBINISMO EN RENACUAJOS DE *PTYCHOHYLA EUTHYSANOTA* (ANURA: HYLIDAE)

Jimena García-Díaz¹, Daniel Nuñez-Robles¹ & Daniel Ariano-Sánchez^{1,2*}.

¹Departamento de Biología, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala City, Guatemala.

²Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala City, Guatemala.

*Correspondence: dariano@uvg.edu.gt

Received: 2023-10-19. Accepted: 2023-12-17. Published: 2024-01-15.

Editor: Uri Omar García Vázquez, México. .

Resumen.– Describimos los primeros casos de albinismo en renacuajos de la rana de riachuelo del bosque nuboso *Ptychohyala euthysanota*. Reportamos tres renacuajos albinos de *P. euthysanota* fueron encontrados junto con renacuajos que mostraban el fenotipo típico de la especie, en la Reserva Natural “Refugio del Quetzal”, localizada en la falda sur del volcán Atitlán, Municipalidad de Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala.

Palabras Clave.– Fenotipo, Guatemala, hipopigmentación, rana de riachuelo del bosque nuboso, volcán Atitlán.

Abstract.– We describe the first cases of albinism in tadpoles of *Ptychohyala euthysanota*, the Cloud Forest Stream Frog. Here, we report three albino *P. euthysanota* tadpoles found in conjunction with tadpoles showing the typical phenotype of the species at Reserva Natural “Refugio del Quetzal”, located at the southern foothill of the Volcan Atitlán, Municipality of Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala.

Keywords.– Cloud Forest Stream Frog, Guatemala, hypopigmentation, phenotype, Volcan Atitlán.

On August 11, 2023, three albino tadpoles of *Ptychohyala euthysanota* were found in conjunction with 11 tadpoles displaying the typical phenotype of the species in a small temporary stream within Reserva Natural “Refugio del Quetzal”, located at the southern base of Volcán Atitlán, Municipality of Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala (14.5483° N, 91.1915° W; WGS84; 1,670 m a.s.l.). The habitat is a riparian cloud forest with a seasonal stream that has several water pools. The albino tadpoles were found in different pools within the stream, along with phenotypically normal tadpoles according to the descriptions of Köhler (2011). To the best of our knowledge, this is the first published record of albinism in tadpoles of *P. euthysanota*.

The albino tadpoles showed a lack of brown pigmentation on the tail musculature and the absence of the brown mark that encircles the pale crescent-shaped region on the posterior body, whereas the tadpoles with the typical phenotype did exhibit these characteristics (Fig. 1). The eyes of the albino tadpoles were depigmented, confirming complete albinism (Stark, 2022), whereas the tadpoles with the typical phenotype had

pigmentation in their eyes. Despite the phenotypic differences, both types exhibited similar chromatophore patterns and the same jaw configuration with the same number of rows of anterior and posterior teeth (4/6), confirming both phenotypes as tadpoles of *P. euthysanota* following Köhler (2011).

Albinism is not beneficial in the wild as it eliminates the mimicry provided by the normal phenotype along with more frequent malformations, thus increasing predation pressure on albino tadpoles (Henle et al., 2017). In this case, the albino tadpoles did not present any deformities in the jaw or other body parts. Both types of tadpoles exhibited similar cryptic behavior, hiding beneath litter, sediment, or rocks when detecting movement within the pools. It was observed that both types fed on organic matter found in the pools.

Volcán Atitlán recent explosive vulcanian and plinian eruptions during the period of 1826 to 1856 (Haapala et al., 2005), along with the transformation of forests into agricultural systems below 1,500 m a.s.l., could have contributed to partial





Figura 1. Renacuajo albino de *Ptychohyala euthysanota* observado en la Reserva Natural “Refugio del Quetzal” en la falda sur del Volcán Atitlán, Suchitepéquez, Guatemala a 1670 m s.n.m. el 11 de agosto de 2023, mostrando vistas de la región bucal (A), ventral (B), dorsal (C) y lateral (D). Fotos: Daniel Nuñez-Robles.

Figure 1. Albino tadpole of *Ptychohyala euthysanota* observed at Reserva Natural “Refugio del Quetzal” on the southern slope of Atitlán Volcano, Suchitepéquez, Guatemala at 1670 m elevation on 11 August 2023, showing buccal (A), ventral (B), dorsal (C) and lateral (D) views. Photos: Daniel Nuñez-Robles.

geographic isolation at this site. The relatively high presence of albino tadpoles found (three out of 14, 21%) could be due to the population's isolation, as reduction in genetic flow has shown to be a relevant factor in hypopigmentation frequency in other vertebrates (Weyrauch & Grubb 2006). Geographic isolation reduces genetic diversity and heterozygosity, and produces scarcity of predators, making the incidence of the albino phenotype more likely despite its lack of benefit (Strachinis & Tsarouhas, 2021). We have not recorded adults of the albino phenotype at the site but after several trips to the study site, we have been able to observe that apparently the abundance of herpetofauna, especially snakes (one of the main predators of frogs), is very low. Our observations highlight the importance of

conducting studies on the population genetics of *P. euthysanota* in the Volcán Atitlán and monitoring the population to better understand the population dynamics, demographic factors, and those influencing the frequency of albinism.

Acknowledgements.- Research was done under Research Permit # DVCB 12-2021 and Collection Permit # B 01027 issued by CONAP to Daniel Ariano-Sánchez. 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 José Monzón, Faustino Camposeco, Francisco Carrillo

and Milvian Salcedo from CEAB-UVG and to the students of the Environmental Assessment course at UVG for their help during the fieldtrip where the specimen was discovered. Thanks to Departamento de Biología UVG for field equipment support. We also thank the anonymous reviewers for comments and suggestions that improved the manuscript.

CITED LITERATURE

Haapala, J.M., R. Escobar, J.W. Vallance, W.I. Rose, J.P. Griswold, S.P. Schilling, J.W. Ewert & M. Mota. 2005. Volcanic Hazards at Atitlán Volcano, Guatemala. Open-File Report 2005-1403. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, USA.

Henle, K., A. Dubois & V. Vershinin. 2017. Commented glossary, terminology and synonyms of anomalies in natural population of amphibians. *Mertensiella* 25:9-48.

Köhler, G. 2011. Amphibians of Central America. Herpeton, Verlag Elke Köhler, Offenbach, Germany.

Stark, T. 2022. Jewel among jewels: possible albinism in *Epidalea calamita* (Laurenti, 1768) spawn in the Netherlands. *Herpetology Notes* 15:597-600.

Strachinis, I. & N. Tsarouhas. 2021. First report of albino green toads *Bufo viridis* in Greece. *Herpetological Bulletin* 155:44-45.

Weyrauch S.L. & T.C. Grubb. 2006. Effects of the interaction between genetic diversity and UV-B radiation on wood frog fitness. *Conservation Biology* 20:802-810.



MICROHÁBITAT SUBTERRÁNEO POR LA SERPIENTE DE TIERRA *CONOPSIS BISERIALIS* (SQUAMATA: COLUBRIDAE)

UNDERGROUND MICROHABITAT BY THE EARTHSNAKE *CONOPSIS BISERIALIS* (SQUAMATA: COLUBRIDAE)

Ernesto Raya-García^{1*}

¹Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia, Michoacán, México 58190, México.

*Correspondence: eraya@enesmorelia.unam.mx

Received: 2023-06-21. Accepted: 2024-01-09. Published: 2024-01-19.

Editor: Adrian Leyte Manrique, México.

Abstract.— *Conopsis biserialis* is a small snake with terrestrial and diurnal habitats and a restricted distribution in Central Mexico. The use of underground microhabitats and the subterranean activities of this small snake are uncommon characteristics to observe. Here, the use of a subterranean microhabitat after the rainy season in two specimens of *C. biserialis* is documented for the first time, verifying the facultative capacity of this species for fossoriality.

Keywords.— Behavior, retreat, subterranean snake, Trans-Mexican Volcanic Belt.

Resumen.— *Conopsis biserialis* es una serpiente pequeña, con hábitos terrestres y diurnos y con distribución restringida al Centro de México. El uso del microhábitat subterráneo y las actividades bajo tierra de esta pequeña serpiente son características poco comunes de observar. Aquí, se documenta por primera vez el uso de un microhábitat subterráneo posterior a la temporada de lluvias en dos ejemplares de *C. biserialis*, este registro verifica la capacidad facultativa de esta especie para la fosorialidad.

Palabras Clave.— Conducta, Faja Volcánica Transmexicana, refugio, serpiente subterránea.

El uso del hábitat es una característica del comportamiento atribuida a distribución e historia natural de cualquier especie (Morris, 1987). Generalmente, las especies pueden hacer uso de fragmentos o subdivisiones de su hábitat para cumplir diferentes procesos ecológicos o funciones biológicas (Morris, 1987; Price, 1978). Estas subdivisiones del hábitat, frecuentemente llamadas “microhábitats” pueden llegar a ser recursos ampliamente diversos con condiciones bióticas y abióticas diferentes dentro de un mismo ambiente o espacio natural (Vitt et al., 2007).

En ectotermos como los reptiles, el microhábitat pueden ser un recurso seleccionado de acuerdo con los requerimientos específicos de cada especie (Heatwole, 1977; Raya-García et al., 2019). Por ejemplo, varias especies de lagartijas y serpientes pueden utilizar elementos bióticos y abióticos del microhábitat para realizar diversas funciones vitales como la termorregulación, reproducción, anidación, forrajeo, dormancia, refugio y escape de depredadores (Heatwole, 1977; Doligez & Bouludier 2008). Sin embargo, todavía existen muchas especies de reptiles de las cuales se desconoce información básica sobre el uso de microhábitat, principalmente en especies

cuyos hábitos secretivos o subterráneos hacen difícil su registro en campo.

La serpiente de tierra de dos líneas *Conopsis biserialis* es un reptil pequeño y terrestre de la familia colubridae (Goyenechea & Flores-Villela, 2002). Generalmente, esta especie puede ser observada bajo sustratos de roca, madera y detritos que utiliza como microhábitats en ecosistemas templados de pino-encino y bosques de niebla en la Faja Volcánica Transmexicana del centro de México entre los 1,700 y 3,080 m s.n.m. (Goyenechea & Flores-Villela, 2006; Castañeda-Gonzalez et al., 2011). Esta serpiente puede ser encontrada en ambientes conservados y en ambientes perturbados (Castañeda-Gonzalez et al., 2011). Su mayor actividad y abundancia ha podido ser observada sobre sitios rurales y agrícolas (Arteaga-Tinoco, 2018) y frecuentes encuentros sobre las periferias de zonas urbanas (J. Alvarado-Díaz com. pers.). Todas estas observaciones y encuentros a menudo son durante la temporada de lluvias (julio-septiembre) donde la especie desarrolla la mayor tasa de abundancia y reproducción (Castañeda-Gonzalez et al., 2011; Raya-García et al., 2016). Cuando llega la temporada seca, que corresponde a la



Figure 1. Use of underground microhabitat by a female and male Earthsnake Snake *Conopsis biserialis* in a temperate environment of Tingambato, Michoacán, Mexico.

Figura 1. Uso de microhábitat subterráneo por una hembra y un macho de la Serpiente de Tierra *Conopsis biserialis* en un ambiente templado de Tingambato, Michoacán, Mexico.

mayor parte del año en México (noviembre-junio), la mayoría de los individuos de esta especie están ausentes y los avistamientos son generalmente nulos o escasos (Castañeda-Gonzalez et al., 2011). No existe conocimiento previo sobre el microhábitat que utiliza *C. biserialis* después de la estación húmeda en su ecosistema templado. El objetivo de esta nota es presentar el reporte de un caso relacionado a la utilización de un microhábitat subterráneo que no ha sido mencionado anteriormente en la literatura de la historia natural de la especie.

Durante el 1 de noviembre de 2022, aproximadamente a las 17:00 h, en cercanías del área voluntaria para la conservación “Cerro del Comburinda” del municipio de Tingambato, Michoacán (19.487565° N, 101.805014° O, WGS 84; 2,390 m a.s.l.),

pude avistar el uso de un microhábitat subterráneo en dos individuos adultos de *C. biserialis* (hembra LHC: 250 mm, macho LHC: 235 mm). Este encuentro fortuito fue en compañía de dos personas que realizaban labores de remoción de tierra en una propiedad privada, los dos individuos adultos de *C. biserialis* se encontraron bajo un montículo de tierra de aproximadamente 5 m² y 60 cm de altura, la vegetación dominante en la periferia del montículo fue compuesta mayormente de herbáceas y pocos pastizales (Fig. 1).

El sitio de la observación corresponde a una zona fragmentada del bosque de pino-encino por actividades agrícolas circundantes aproximadamente a 500 m lineales del área de conservación voluntaria (Fig. 1). La excavación del

montículo fue comenzada a una distancia aproximada de un metro lineal antes del encuentro con los dos especímenes (Fig. 1). La disposición de los individuos bajo este estrato de tierra fue la siguiente: una hembra y un macho adultos a los 20 y 40 cm de profundidad, respectivamente (Fig. 1). En la imagen se puede notar claramente que la humedad del sustrato es todavía elevada debido a la reciente finalización de la temporada de lluvias en la región, por lo que, todavía el sustrato de materia orgánica y tierra arcillosa puede ser excavado con menores dificultades por las serpientes. Ambos individuos fueron trasladados y liberados a un lugar más seguro dentro del área conservada de bosque de pino-encino de la misma región.

A diferencia de los anfisbénidos que son reptiles altamente adaptados a la vida subterránea (Gans, 1978), la serpiente *C. biserialis* es considerada una especie terrestre, excavadora y semifosorial (Castañeda-Gonzalez et al., 2011). Este es el primer avistamiento en campo que reporta datos sobre la conducta de completa fosorialidad en esta especie de serpiente después de la temporada de lluvias. Bajo rocas y troncos es el microhábitat que comúnmente utiliza *C. biserialis* durante la temporada de lluvias (Castañeda-Gonzalez et al., 2011), la pregunta sobre a dónde se movilizan los individuos después de esa temporada todavía queda por ser respondida, pero, la información presentada aquí puede brindar algunas pistas.

Muchos reptiles buscan refugios o microhábitats específicos para prepararse para realizar extendidos letargos o dormancias (también llamados periodos de brumación o estivación) hasta que las condiciones ambientales son nuevamente las más óptimas (Secor & Lignot, 2010). Diferentes microhábitats subterráneos han sido reportados como refugios de brumación para otras especies de serpientes neárticas (Harvey & Weatherhead, 2006; Mundo-Hernandez et al., 2017). Sin embargo, todavía la función del microhábitat subterráneo usado por *C. biserialis* es completamente desconocida, por lo tanto, los estudios de monitoreo a largo plazo sobre el uso y selección de microhábitat en esta y otras especies de serpientes subterráneas deberían ser investigaciones primordiales para tener una mejor comprensión del fenómeno de fosorialidad observado en este reporte.

LITERATURA CITADA

- Arteaga-Tinoco, I. 2018. Herpetofauna de la Localidad de Ichaqueo (municipio de Morelia, Michoacán, México). Facultad de Biología, Universidad Michoacana De San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.
- Castañeda-Gonzalez, O., J. Manjarrez, I. Goyenechea & V. Fajardo. 2011. Ecology of a population of the Earthsnake *Conopsis biserialis* in the Mexican Transvolcanic Axis. *Herpetological Conservation and Biology* 3:364-371.
- Doligez, B. & T. Boulinier. 2008. Habitat selection and habitat suitability preferences. Pp. 1810-1830. En S.E. Jørgensen & B.D. Fath (Eds.), *Encyclopedia of Ecology*. Elsevier, The Netherlands.
- Gans, C. 1978. The characteristics and affinities of the *Amphisbaenia*. *Transactions of the Zoological Society of London* 34:347-416.
- Goyenechea, I. & O. Flores-Villela. 2002. Taxonomic status of the snake genera *Conopsis* and *Toluca* (Colubridae). *Journal of Herpetology* 36:92-95.
- Goyenechea, I. & O. Flores-Villela. 2006. Taxonomic summary of *Conopsis* Günther, 1858 (Serpentes: Colubridae). *Zootaxa* 1271:1-27.
- Harvey, D.S. & P. J. Weatherhead. 2006. Hibernation site selection by eastern massasauga rattlesnakes (*Sistrurus catenatus catenatus*) near their northern range limit. *Journal of Herpetology* 40:66-73.
- Heatwole, H. 1977. Habitat selection in reptiles. Pp. 137-155. En C. Gans & D.W. Tinkle (Eds.), *Biology of the Reptilia: Ecology and Behavior*. Academic Press, London, UK.
- Morris, D.W. 1987. Ecological scale and habitat use. *Ecology* 68:362-369.
- Mundo-Hernandez, V., H. Dominguez Vega, Y. Gomez Ortiz, T. Rubio Blanco, L. Soria Díaz & F.J. Manjarrez Silva. 2017. Hibernation refuge of *Thamnophis scalaris* Cope, 1861, in Central Mexico. *Herpetozoa* 29:198-200.
- Price, M.V. 1978. The role of microhabitat in structuring desert rodent communities. *Ecology*, 59:910-921.
- Raya-García, E., J. Alvarado-Díaz & I. Suazo-Ortuño. 2016. Litter size and relative clutch mass of the Earthsnakes *Conopsis biserialis* and *C. nasus* (Serpentes: Colubridae) from the central Mexican Transvolcanic Axis. *Salamandra* 52:217-220.
- Raya-García, E., J. Alvarado-Díaz & J. Martín. 2019. Foraging cues and thermal environments influence retreat site selection in fossorial earthsnakes. *Herpetological Conservation and Biology* 14:560-567.



- Secor, S.M. & J.H. Lignot. 2010. Morphological plasticity of vertebrate aestivation. Pp. 183-208. En C. Navas & J. Carvalho (Eds.), *Aestivation: Molecular and Physiological Aspects*. Springer, Heidelberg.
- Vitt, L.J., G.R. Colli, J.P. Caldwell, D.O. Mesquita, A.A. Garda & F.G. França. 2007. Detecting variation in microhabitat use in low-diversity lizard assemblages across small-scale habitat gradients. *Journal of Herpetology* 41:654-663.



PRIMER REPORTE DE DEPREDACIÓN DE *BOANA PUGNAX* (HYLIDAE) E INTENTO DE DEPREDACIÓN DE *OSTEOCEPHALUS TAURINUS* (HYLIDAE) POR *LEPTOPHIS COERULEODORSUS* (COLUBRIDAE) EN COLOMBIA

FIRST REPORT OF PREDATION ON *BOANA PUGNAX* (HYLIDAE) AND ATTEMPTED PREDATION ON *OSTEOCEPHALUS TAURINUS* (HYLIDAE) BY *LEPTOPHIS COERULEODORSUS* (COLUBRIDAE) IN COLOMBIA

Ronald Alessandro Díaz-Flórez^{1*}, Luis Arley Muñoz Sarmiento², Sebastián Di Domenico³.

¹Semillero de Anfibios y Reptiles de la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

²Investigador independiente, La Macarena, Meta, Colombia.

³Investigador independiente, Bogotá, Colombia.

*Correspondence: ronaldldias_10@hotmail.com

Received: 2023-09-19. Accepted: 2023-12-14. Published: 2024-01-19.

Editor: Vivian Patricia Páez, Colombia.

Abstract. – We report the first record of predation of the treefrog (*Boana pugnax*) and an attempted predation on a hylid frog (*Osteocephalus taurinus*), both by Oliver's parrot snake (*Leptophis coeruleodorsus*), in the Colombian Orinoco region.

Keywords. – Diet, natural history, new prey record, predator.

Resumen. – Reportamos el primer registro de depredación sobre la rana platanera de ojos tornasol (*Boana pugnax*) y un intento de depredación sobre la rana de casco común (*Osteocephalus taurinus*) por la serpiente loro de Oliver (*Leptophis coeruleodorsus*), en la Orinoquía colombiana.

Palabras Clave. – Depredador, dieta, historia natural, nuevo registro de presa.

Boana pugnax es una especie de rana la familia Hylidae que se distribuye en Centroamérica y Suramérica, en el norte y centro de Colombia, centro-oeste de Panamá y noreste de Venezuela (Escalona et al., 2017; Frost, 2023). Actualmente solo se conocen dos registros documentados de depredación sobre esta especie por parte del camarón munchilla (*Macrobrachium carcinus*) (Mendoza et al., 2015) y por el cucarachero de laguna (*Donacobius atricapilla*) (Cárdenas-Ortega, 2022).

Osteocephalus taurinus es una especie de rana de la familia Hylidae con amplia distribución en el norte de Suramérica, en Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana Francesa, Guyana, Perú, Surinam y Venezuela (Frost, 2023). Se ha reportado la depredación sobre *O. taurinus* por aves (Cintra & Sanaiotti, 1990), serpientes (Campos et al., 2011), arañas y mantis (Costa-Pereira et al., 2010).

Leptophis coeruleodorsus Oliver, 1942, es una serpiente opistoglifa de tamaño medio (longitud total máxima 1523 mm)

perteneiente al grupo *L. ahaetulla*, que se distribuye en la región de los llanos de Colombia y Venezuela, y en las islas de Trinidad y Tobago (Murphy et al., 2013; Natera et al., 2015; Albuquerque & Fernandes, 2022). Habita principalmente en bosques tropicales y subtropicales primarios y secundarios, pastizales y sabanas, sin embargo, también se puede encontrar en zonas intervenidas como plantaciones y jardines urbanos (Murphy et al., 2013; Albuquerque & Fernandes, 2022). La dieta de *L. coeruleodorsus* es poco conocida, y solamente se ha reportado el consumo de algunas ranas de la familia Hylidae (Natera et al., 2015). Aquí reportamos los primeros registros de depredación de *L. coeruleodorsus* sobre *Boana pugnax* y *Osteocephalus taurinus* en dos localidades de la Orinoquía colombiana (Fig. 1).

El 07 de diciembre de 2015, a las 15:00 h, se observó la depredación de un ejemplar de *B. pugnax* por la serpiente *L. coeruleodorsus*, frente al Río Orinoco, en la Reserva Bojonawi, municipio de Puerto Carreño, Vichada, Colombia (6.102224° N, 67.489097° W, 56 m s.n.m.). Inicialmente, se escuchó una

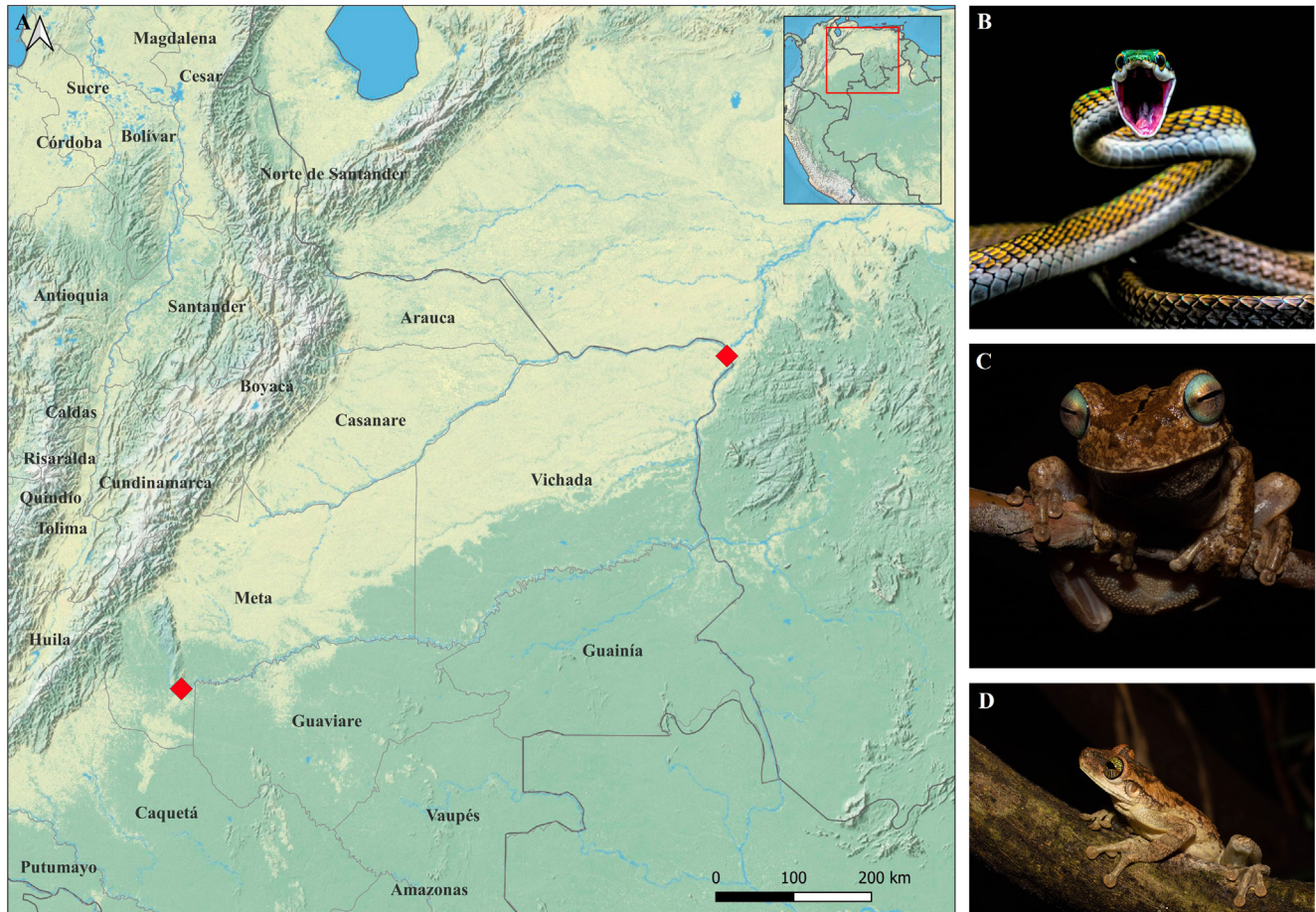


Figure 1. Map of predation events (A), *Leptophis coeruleodorsus* (B), *Boana pugnax* (C), *Osteocephalus taurinus* (D), in the Colombian Orinoco region. Photos: Álvaro Velásquez (B) and Ronald A. Díaz-Flórez (C-D).

Figure 1. Mapa de los eventos de depredación (A), *Leptophis coeruleodorsus* (B), *Boana pugnax* (C), *Osteocephalus taurinus* (D), en la Orinoquía colombiana. Fotos: Álvaro Velásquez (B) y Ronald A. Díaz-Flórez (C-D).

fuerte vocalización por parte de una rana (*B. pugnax*), la cual, al momento de la observación, había sido atrapada de una de sus extremidades superiores por una *L. coeruleodorsus* (Fig. 2A-B). La rana realizaba saltos y movimientos para escapar mientras seguía vocalizando agudamente. Después de unos minutos, la rana se quedó inmóvil (probablemente por acción del veneno) y la serpiente procedió a ingerirla, comenzando desde la cabeza. Al cabo de 5 minutos, la serpiente ya había terminado de engullir a la rana.

El 14 de octubre de 2022, a las 13:12 h, sobre las ramas de un árbol a aproximadamente 3 metros del suelo, se observó la depredación de un ejemplar de *O. taurinus* por parte de una *L. coeruleodorsus* en un bosque cerca del atractivo Caño Cristales, del municipio de La Macarena, Meta, Colombia (2.264220°

N; 73.795424° W, WGS8, 275 m s.n.m.). Al momento de la observación, la serpiente tenía a la rana atrapada por sus patas, mientras ésta realizaba un intento de escape. Después de unos minutos, la rana logró liberarse, pero nuevamente fue atrapada, esta vez por la cabeza (Fig. 2C-D). La serpiente la sostuvo en su boca por varios minutos mientras intentaba tragarla, sin embargo, la rana realizó un último movimiento de escape logrando liberarse para posteriormente huir con heridas en gran parte de su cuerpo (Fig. 2E).

Algunos estudios han encontrado que los anuros son un ítem fundamental en la dieta de las serpientes del neotrópico (Duellman, 1978; Martins & Oliveira, 1999; Bernarde & Abe, 2010), lo cual ha sido evidenciado en algunas especies del género *Leptophis*, como *L. ahaetulla* (Albuquerque et al., 2007).



Figure 1. Predation on *Boana pugnax* (A-B) and predation attempt on *Osteocephalus taurinus* (C-E) by *Leptophis coeruleodorsus*.

Figura 1. Depredación de *Boana pugnax* (A-B) e intento de depredación de *Osteocephalus taurinus* (C-E) por *Leptophis coeruleodorsus*.

Adicionalmente, se han reportado múltiples eventos de depredación de *Leptophis* sobre anuros de la familia Hylidae, incluyendo especies de los géneros *Osteocephalus* y *Boana* (Gama & Costa-Campos, 2014; Chaloupka & Rodríguez, 2021; Alvares et al., 2021; Olivera et al., 2021). Dentro de éstos, también se ha registrado la depredación de *O. taurinus* por *L. ahaetulla* (Albuquerque et al., 2007). Hasta la fecha, solo se conocen reportes documentados de depredación de *L. coeruleodorsus* sobre anuros como *B. xerophylla* y *B. platanera* (referenciadas como *Hypsiboas crepitans*), *Trachycephalus typhonius* (referenciada como *T. venulosus*), y *Sphaenorhynchus lacteus* (Natera et al., 2015), sin embargo, es probable que al igual que algunos de sus congéneres, esta especie depreda lagartijas, lagartos y aves

(Lopez et al., 2003; Albuquerque et al., 2007; Gómez-Hoyos et al., 2015).

Agradecimientos.- Agradecemos a Álvaro Velásquez por permitirnos usar la fotografía de la Figura 1B, a Alexandra Montoya y los revisores(as) por sus comentarios y sugerencias para la mejora del manuscrito.

LITERATURA CITADA

Albuquerque, N.R. & D.S. Fernandes. 2022. Taxonomic revision of the parrot snake *Leptophis ahaetulla* (Serpentes, Colubridae). *Zootaxa* 5153:1-69.

- Albuquerque, N.R., U. Galatti & M. Di-Bernard. 2007. Diet and feeding behaviour of the Neotropical parrot snake (*Leptophis ahaetulla*) in northern Brazil. *Journal of Natural History* 41:1237-1243.
- Bernarde P.S. & A.S. Abe. 2010. Hábitos alimentares de serpentes em Espigão do Oeste, Rondônia, Brasil. *Biota Neotropical* 10:167-173.
- Campos, V.A., M.M. Santos & C. Strüssmann. 2011. *Osteocephalus taurinus* (Manaus Slender-legged Tree-frog). *Predation. Herpetological review* 42:412.
- Cárdenas-Ortega, M.S. 2022. *Boana pugnax* (Chirique-Flusse Treefrog). *Predation. Herpetological Review* 53:103.
- Chaloupka, S. & C. Rodríguez. 2021. Predation by *Leptophis ahaetulla* (Serpentes: Colubridae) on *Osteocephalus cabrerai* (Anura: Hylidae), with a description of its distress call. *Herpetology Notes* 14:209-213.
- Cintra R. & T.M. Sanaiotti. 1990. *Osteocephalus taurinus* (Tree Frog). *Predation. Herpetological Review* 21:59.
- Costa-Pereira, R., F. Ibanez, E.A. Sczesny-Moraes & A. Brescovit. 2010. Predation on young treefrog (*Osteocephalus taurinus*) by arthropods (Insecta, Mantodea and Arachnida, Araneae) in Central Brazil. *Biota Neotropical* 10:469-472.
- Duellman, W.E. 1978. The Biology of an Equatorial Herpetofauna in Amazonian Ecuador. University of Kansas, Museum of Natural History, Miscellaneous publication 65:1-352.
- Escalona, M., D. Prieto-Torres & F.J.M. Rojas-Runjai, 2017. Unveiling the geographic distribution of *Boana pugnax* (Schmidt, 1857) (Anura, Hylidae) in Venezuela: New state records, range extension, and potential distribution. *Check List* 13:671-681.
- Frost, D.R. 2023. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Versión 6.2. Disponible en: <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/Amphibia/> [Acceso 03 julio 2023].
- Gama, C.S. & Costa-Campos, C.E. 2014. *Hypsiboas boans* (Giant Gladiator Treefrog). *Predation. Herpetological Review* 45:680.
- Gómez-Hoyos, D.A., S. Escobar-Lasso, T. Suarez-Joaqui & J.A. Velasco. 2015. Predation on the bush anole *Polychrus guttuosus* by the parrot snake *Leptophis ahaetulla*, with a new record of the bush anole for the Gorgona Island National Natural Park, Colombia. *Herpetology Notes* 8:297-301.
- Lopez, M.S., A.R. Giraudo & V. Arzamendia. 2003. *Leptophis ahaetulla marginatus* (Southern Green Parrot-Snake). *Diet. Herpetological Review* 34:68.
- Martins, M. & M.E. Oliveira. 1999. Natural history of snakes in forests of the Manaus region, Central Amazonia, Brazil. *Herpetological Natural History* 6:78-150.
- Mendoza, J.S. 2015. Observaciones adicionales sobre la historia natural de la rana gladiadora *Hypsiboas pugnax* (Schmidt, 1857), en el caribe colombiano. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 7:84-87.
- Murphy, J.C, S.P. Charles, R.M. Lehtinen & K.L. Koeller. 2013. A molecular and morphological characterization of Oliver's parrot snake, *Leptophis coeruleodorsus* (Squamata: Serpentes: Colubridae) with the description of a new species from Tobago. *Zootaxa* 3718:561-574.
- Natera, M., L.F. Esqueda & M. Castelaín, 2015. Atlas Serpientes de Venezuela. Santiago, Chile, Dimacofi Negocios Avanzados S.A.
- Oliveira, M.A., R.A. Pommer & A.H. Sousa 2021. Predation of *Boana raniceps* (Cope, 1862) (Anura: Hylidae) by *Leptophis ahaetulla* (Linnaeus, 1758) (Squamata: Colubridae). *Biota Amazonia* 11:37-39.



PRIMER REGISTRO DE DEPREDACIÓN DE *XENOSAURUS* (XENOSAURIDAE) POR *AMASTRIDIDIUM SAPPERI* (DIPSADIDAE) CON COMENTARIOS SOBRE SU DISTRIBUCIÓN

FIRST PREDATION RECORD OF *XENOSAURUS* (XENOSAURIDAE) BY *AMASTRIDIDIUM SAPPERI* (DIPSADIDAE) WITH COMMENTS ON ITS DISTRIBUTION

Bruno Cortés-Ortiz¹, Dulce L. Flores-Martínez¹, Luis A. Cadena-Escobar², Misael Seba-Chacha^{1,5}, Leopoldo D. Vázquez Reyes², Francisco A. Rivera Ortiz³, Patricia Ramírez Bastida², Salomón Sanabria-Urbán⁴ & Víctor H. Jiménez-Arcos^{1,*}

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

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

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

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

⁵Maestría en Ciencias Biológicas, Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala, México.

*Correspondence: victorhja@iztacala.unam.mx

Received: 2023-09-15. Accepted: 2024-01-01. Published: 2024-01-19.

Editor: Rafael Alejandro Lara Resendiz, México.

Abstract.— We provide the first record of attempted predation on a species of the genus *Xenosaurus*, specifically on a young individual of *Xenosaurus grandis*, by the snake *Amastridium sapperi* in a rainforest of the Sierra Mazateca, Oaxaca, Mexico. In addition, we expand the geographical distribution records of this snake for the state of Oaxaca. This predation record of a species with evasive habits that are difficult to observe in wildlife increases the knowledge of the ecological interactions that shape the structure and function in communities and ecosystems.

Key words.— Diet, predation, snake-lizard interaction, predator-prey interaction, geographic distribution, gray literature.

Resumen.— Proporcionamos el primer registro de depredación de una especie del género *Xenosaurus*, específicamente sobre un individuo joven de *Xenosaurus grandis* por la serpiente *Amastridium sapperi* en una zona de selva alta de la Sierra Mazateca, Oaxaca, México. Además, ampliamos los registros de distribución geográfica de esta serpiente para el estado de Oaxaca. El registro del evento de depredación entre especies con hábitos evasivos y difíciles de observar en vida libre amplía el conocimiento de las interacciones ecológicas que moldean la estructura y función en comunidades y ecosistemas.

Palabras Clave.— Dieta, depredación, interacción serpiente-lagartija, interacción depredador-presa, distribución geográfica, literatura gris

La depredación es una interacción ecológica implicada en el flujo de materia y energía a través de diferentes niveles tróficos, lo cual la establece como un proceso fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas (Curtsdotter et al., 2018). Por consiguiente, el registro de interacciones de depredación aporta información

valiosa para incrementar el entendimiento de las dinámicas de estructura y función en comunidades y ecosistemas. Los reptiles cumplen con funciones de depredador y presa, tanto para otros grupos animales (e.g., aves, mamíferos; Hansen et al., 2018; Nahuat-Cervera et al., 2020) como entre estos. Sin embargo,

debido a su conducta cautelosa, especialmente en serpientes, la documentación de estas interacciones sucede por eventos fortuitos y poco frecuentes.

El género *Xenosaurus* se compone de 18 especies reconocidas (Nieto-Montes de Oca et al., 2017) y 14 descritas formalmente (Uetz et al., 2023). Son lagartijas vivíparas de talla corporal media (120 mm de longitud hocico-cloaca; Lemos-Espinal et al., 2012) con una distribución casi endémica a México (17 de las 18 especies reconocidas; Nieto-Montes de Oca et al., 2017). Se localizan en diversos tipos de vegetación como selva alta, matorral, bosque de encino, bosque de pino y bosque nublado en elevaciones de los 300 a los 2,600 m.s.n.m. Su característica principal es que habitan en grietas de rocas (en algunos casos cavidades en árboles; Zamora-Abrego et al., 2007) donde pasan la mayor parte de su vida, lo que dificulta las observaciones sobre su conducta e historia natural en vida libre. *Xenosaurus grandis* se distribuye en los estados de Veracruz, Puebla y Oaxaca, es la especie con más información disponible de su historia natural, incluyendo ecología térmica (Cardona-Botero et al., 2019), alimentación (Ballinger et al., 1995), ausencia de dimorfismo sexual (Smith et al., 1997) y reproducción (Ballinger et al., 2000; Smith & Lemos-Espinal, 2000). Sin embargo, no se cuenta con ningún registro documentado sobre depredación, inclusive este vacío de información se presenta en todas las especies del género *Xenosaurus*.

Diversas especies de serpientes son reconocidas como depredadoras de lagartijas, presentando conductas alimentarias específicas e inclusive especialización en su dieta (Hill, 2019; Pinto-Coelho et al., 2021). Sin embargo, para muchas especies la información sobre sus presas es incipiente, principalmente porque las serpientes suelen ser difíciles de encontrar en vida libre (Orlov et al., 2003) y las observaciones de eventos de depredación son escasos (Durso et al., 2022). Específicamente, para *Amastridium sapperi* su dieta incluye miriápodos, ranas, lagartijas del género *Lepidophyma* y probablemente serpientes (Pérez-Higareda et al., 2007; Lara-Tufiño et al., 2014; Platt et al., 2016). Esta serpiente se distribuye en México, Belice, Guatemala y Honduras, en elevaciones que van desde los 100 a 1,600 m s.n.m. (Köhler, 2003; Ariano-Sánchez, Sunyer & Luque, 2013). En México, se registra en la vertiente del Atlántico en los estados de Nuevo León, Tamaulipas, Querétaro, Hidalgo, Puebla, Veracruz, Chiapas y Oaxaca, en ambientes naturales de selva alta y bosque nublado principalmente, aunque puede tolerar la perturbación en zonas de plantaciones de café y cítricos (Blaney & Blaney, 1978; Calzada-Arciniega & Toscano-Flores, 2014; Lara-Tufiño et al., 2014).

Amastridium sapperi habita principalmente en troncos en descomposición, bajo rocas y hojarasca en el suelo (Blaney & Blaney, 1978). Sin embargo, es una especie rara con pocos registros en la literatura y colecciones científicas. Por ejemplo, en 2014 fue registrada por primera vez para el estado de Hidalgo, y para la fecha de esa publicación, solo se conocían cinco ejemplares de machos de la especie para México (Lara-Tufiño et al., 2014).

El 23 de abril de 2023, a las 11:08 h, durante el trabajo de campo en una zona de cultivo de cacao rodeada de remanentes de selva alta (18.1802° N, 96.6060° O; Datum WGS84; 581 m s.n.m.), ubicada a 0.7 km al O de Emiliano Zapata, municipio de San José Tenango, Oaxaca, México; observamos dentro de una grieta de roca caliza en posición vertical en contacto con el sustrato (25 mm de apertura de la grieta en su parte más ancha, 60 mm de largo, 45 mm de profundidad) a un organismo adulto de *A. sapperi* (≈500 mm de longitud total) sujetando del cuello a un individuo joven de *X. grandis* (longitud hocico-cloaca≈40 mm; Fig. 1). El ejemplar de *X. grandis* como mecanismo de defensa mordió a la serpiente en la cola, y posteriormente la zona de mordedura se desplazó 20 mm antes de la terminación de la cola de la serpiente, y finalmente la serpiente desprendió parte de la cola mediante autotomía. Para documentar esta interacción, realizamos la observación a una distancia de aproximadamente 300 mm de la grieta minimizando el uso de lámparas y cámaras fotográficas para no interrumpir el evento durante 20 minutos. Pasado este periodo, los ejemplares continuaban con la interacción, por lo que se abandonó el sitio sin perturbarlos. Aunque no se observó el consumo final de *X. grandis* por la serpiente, inferimos que el evento de depredación se llevó a cabo, esto debido a que el registro de la interacción ocurre dentro de una parcela de estudio donde realizamos estimaciones de diversidad taxonómica y funcional de anfibios y reptiles.

La misma grieta fue revisada el día de la observación durante la tarde (16:30 horas) y noche (22:30 horas), así como en otros eventos de muestreo en ambos horarios (julio, octubre y noviembre de 2023). En la zona *X. grandis* es una especie abundante y varios individuos han sido registrados en las mismas grietas durante los muestreos. Además, la dieta de *A. sapperi* incluye otras lagartijas de hábitos saxícolas (*Lepidophyma* sp., Pérez-Higareda et al., 2007; *L. favimaculata*, Platt et al., 2016), por lo que es factible que *X. grandis* forme parte de su dieta.

Respecto a la identificación de las especies, *X. grandis* es diagnosticable por la coloración rojiza del ojo, collar nucal completo en forma de "V" y los anillos de la cola (especialmente el primero) son oscuros y sin bordes (anillos claros con bordes



Figure 1. *Amastridium sapperi* predation on a young specimen of *Xenosaurus grandis* inside a crack at the locality 0.7 km W of Emiliano Zapata, San José Tenango, Oaxaca, Mexico. Photography by Luis A. Cadena-Escobar.

Figura 1. Depredación de *Amastridium sapperi* sobre un ejemplar joven de *Xenosaurus grandis* dentro de una grieta en la localidad 0.7 km O de Emiliano Zapata, San José Tenango, Oaxaca, México. Fotografía por Luis A. Cadena-Escobar.

oscuros en *X. manipulus*; Nieto-Montes de Oca et al., 2022). Para la determinación de *A. sapperi*, nos basamos en las características morfológicas observadas durante el evento de depredación y a través de fotografías, que incluyen el patrón de coloración ocre de la cabeza (observado durante el evento), las manchas de color blanco en las escamas infralabiales, escamas ventrales y subcaudales de color negro, manchas en las escamas laterodorsales asemejando líneas y 69 escamas subcaudales negras en el fragmento de cola desprendido por autotomía. La coloración negra de las escamas ventrales y subcaudales la distinguen de otras serpientes que pueden encontrarse en la región, excepto de *Chersodromus liebmanni*, la cual presenta

un menor número de escamas subcaudales (31 a 42; Canseco-Márquez et al., 2018).

Amastridium sapperi es una especie con pocos registros documentados para México, por lo que mediante una revisión de la base de datos en línea Global Biodiversity Information Facility (gbif.org; GBIF 2023) y del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (CONABIO 2016) encontramos que nuestra localidad corresponde a la tercera conocida para el estado de Oaxaca. La primera localidad corresponde a un registro de 1969 en el municipio de Matías Romero, dentro de la región del Istmo de Tehuantepec (voucher UCM39895; 17.14° N,

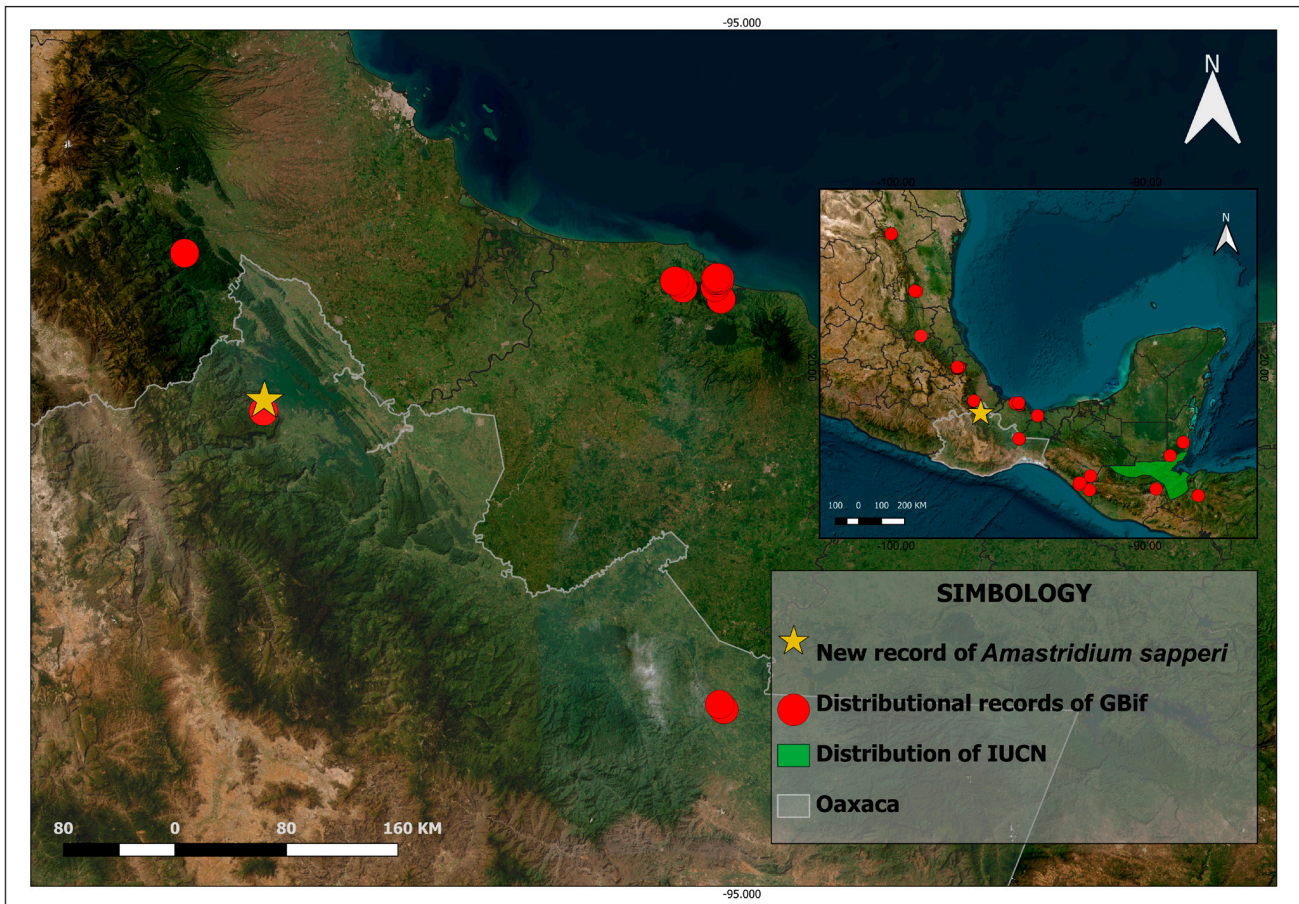


Figure 2. Localities of *Amastridium sapperi* (red circles) for Mexico from the online databases Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2023) and the Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (CONABIO, 2016) and location of our record (yellow star). The geopolitical delimitation of Oaxaca state, Mexico is shown in white. The distribution estimated in the International Union for Conservation of Nature valuation (Ariano-Sánchez, Sunyer & Luque, 2013) is shown in green.

Figura 2. Localidades con registro de *Amastridium sapperi* (círculos rojos) para México obtenidas de las bases de datos en línea Global Biodiversity Information Facility (GBIF 2023) y del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (CONABIO 2016) y ubicación de nuestro registro (estrella amarilla). En color blanco se muestra la delimitación geopolítica del estado de Oaxaca, México. En color verde se muestra la distribución estimada en la evaluación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Ariano-Sánchez, Sunyer & Luque, 2013).

95.06° W; 89 m s.n.m.) a 201 km al SE de nuestra localidad (Fig. 2). El segundo registro se localiza muy cercano al S de nuestra localidad (4.1 km) de un ejemplar colectado en 2012 (voucher MZFC28654; 18.1433° N, 96.6086° W; 776 m s.n.m.) vinculado a un reporte en literatura gris sobre un estudio herpetofaunístico de la Sierra Mazateca (Villegas-García et al., 2015). Al norte, el registro más cercano se ubica a 64.8 km al N de nuestro registro a 0.9 km NO de Galindonga, municipio de Zongolica, Veracruz, igualmente vinculado a un reporte en literatura gris (Medrano & Vázquez-Cuevas, 2019). Al este, aunque no hay localidades exactas reportadas en la literatura, se ha registrado en la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, tanto en la zona de la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, Universidad Nacional Autónoma de México (Vogt et al., 1997; Pérez-Higareda et al., 2007) como en fragmentos de selva alta de la región (Cabrera-Guzmán & Reynoso, 2012; Fig. 2).

En este trabajo documentamos un evento de depredación entre especies con hábitos evasivos o difíciles de observar en vida libre, siendo el primer registro de depredación documentado para una lagartija del género *Xenosaurus*. Las lagartijas del género *Xenosaurus* se caracterizan por presentar adaptaciones a la vida en grietas, lo que puede estar relacionado con favorecer una menor depredación, dado por las limitantes al acceso por parte de depredadores (Lemos-Espinal et al., 2012).

Nuestro reporte sugiere que *X. grandis* es una presa de *A. sapperi* al menos en estadios tempranos de desarrollo, donde organismos jóvenes potencialmente enfrentan mayores presiones selectivas, lo que puede influir sobre la dinámica poblacional de esta lagartija. Quizá *A. sapperi* sea una serpiente con preferencias por lagartijas saxícolas, donde su condición opistoglifa podría favorecer la captura de presas dentro de grietas de roca donde habita *X. grandis*, o lagartijas que habitan en cavidades, ya sea grietas, bajo rocas o cavidades en árboles como especies del género *Lepidophyma* (Pérez-Higareda et al., 2007; Platt et al., 2016). Sin embargo, se requieren más estudios para entender las preferencias alimentarias de esta serpiente y su posible impacto en las poblaciones de *Xenosaurus* y *Lepidophyma*.

Los aportes de historia natural, considerando aquí la distribución geográfica, son necesarios para precisar información biológica y ecológica de las especies, lo cual puede llevar a mejorar las evaluaciones de riesgo de extinción y desarrollo de estrategias de conservación. Por ejemplo, de acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, *A. sapperi* no aparece en el polígono para México (Ariano-Sánchez, Sunyer & Luque, 2013; Fig. 2), aunque es mencionado en el rango geográfico en la evaluación. Consideramos que los registros en la

literatura gris de *A. sapperi* son de difícil acceso, por consiguiente, habían sido excluidos de publicaciones científicas generales, debido a que anteriormente solo se reconocía a esta serpiente en la provincia fisiográfica de la Depresión Istmica de Tehuantepec en Oaxaca derivado del registro de 1969 (Mata-Silva et al., 2015; Mata-Silva et al., 2021). Con nuestra localidad, la registrada por medio de literatura gris y revisión de registros de colecciones, *A. sapperi* también se encuentra en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre de Oaxaca.

Agradecimientos.— Agradecemos a Jonathan Herrera Canseco por su apoyo en el trabajo de campo. A las autoridades locales y municipales de Emiliano Zapata, San José Tenango por permitirnos el trabajo en su territorio. Agradecemos especialmente a Irene Castillo Castañeda y Eleuterio Zenteno Ramírez de San Felipe Tilpam por todo el apoyo brindado durante el trabajo de campo. Investigación realizada parcialmente gracias al Programa UNAM-DGAPA-PAPIIT No. IA209820 asignado a VHJA. Agradecemos los invaluable comentarios de tres revisores anónimos que incrementaron la calidad de este trabajo.

LITERATURA CITADA

- Ariano-Sánchez, D., J. Sunyer & I. Luque. 2013. *Amastridium sapperi*. The IUCN Red List of Threatened Species: e.T2O3339A2764223. [Consultado en noviembre 2023].
- Ballinger, R.E., J.A. Lemos-Espinal, S. Sanoja-Sarabia & N.R. Coady. 1995. Ecological observations of the lizard, *Xenosaurus grandis* in Cuautlapan, Veracruz, Mexico. *Biotropica* 27:128-132.
- Ballinger, R.E., J.A. Lemos-Espinal & G.R. Smith. 2000. Reproduction in females of three species of crevice-dwelling lizards (genus *Xenosaurus*) from Mexico. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 35:179-183.
- Blaney, R.M. & P.K. Blaney. 1978. Additional specimens of *Amastridium veliferum* Cope (Serpentes: Colubridae) from Chiapas, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 23:692.
- Cabrera-Guzmán, E. & V.H. Reynoso. 2012. Amphibian and reptile communities of rainforest fragments: minimum patch size to support high richness and abundance. *Biodiversity and Conservation* 21:3243-3265.
- Calzada-Arciniega, R.A. & C. Toscano Flores. 2014. First records for the States of San Luis Potosí and Querétaro, Mexico of Rusty-

- Headed Snake *Amastridium veliferum* (Serpentes: Colubridae). Bulletin of the Maryland Herpetological Society 50:43-44.
- Canseco-Márquez, L., C.J. Ramírez-González & J.A. Campbell. 2018. Taxonomic review of the rare Mexican snake genus *Chersodromus* (Serpentes: Dipsadidae), with the description of two new species. Zootaxa 4399:151-169.
- Cardona-Botero, V.E., G.A. Woolrich-Piña & H. Gadsden. 2019. Ecología térmica de dos especies de lagartijas del género *Xenosaurus* (Squamata: Xenosauridae) en México. Revista Mexicana de Biodiversidad 90:e902650.
- CONABIO: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2016. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB). Registros de especímenes. Disponible en: <https://www.snib.mx/>. [Consultado en agosto 2023].
- Curtsdotter, A., H.T. Banks, J.E. Banks, M. Jonsson, T. Jonsson, A.N. Laubmeier, M. Traugott & R. Bommarco. 2018. Ecosystem function in predator-prey food webs—confronting dynamic models with empirical data. Journal of Animal Ecology 88:196-210.
- Durso, A.M., T.J. Kieran, T.C. Glenn & S.J. Mullin. 2022. Comparison of three methods for measuring dietary composition of plains hog-nosed snakes. Herpetologica 78:119-132.
- GBIF: Global Biodiversity Information Facility. 2023. <https://www.gbif.org>. Descarga de presencia. <https://doi.org/10.15468/dl.33qykd>. [Consultado en diciembre 2023].
- Hansen, N.A., C.F. Sato, D.R. Michael, D.B. Lindenmayer & D.A. Driscoll. 2018. Predation risk for reptiles is highest at remnant edges in agricultural landscapes. Journal of Applied Ecology 56:31-43.
- Hill, R.L. 2019. Squamata diet. En: Vonk, J. & T. Shackelford (Eds). Encyclopedia of Animal Cognition and Behavior. Springer, Cham.
- Köhler, G. 2003. Reptiles of Central America. Herpeton, Offenbach, Germany.
- Lara-Tufiño, D., R. Hernández-Austria, L.D. Wilson, C. Berriozabal-Islas & A. Ramírez-Bautista. 2014. New state record for the snake *Amastridium sapperi* (Squamata: Dipsadidae) from Hidalgo, Mexico. Revista Mexicana de Biodiversidad 85:654-657.
- Lemos-Espinal, J.A., G.R. Smith & G.A. Woolrich-Piña. 2012. The family Xenosauridae in Mexico. ECO Herpetological Publishing & Distribution, Rodeo, EEUU.
- 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 2:5-62.
- Mata-Silva, V., E. García-Padilla, A. Rocha, D.L. DeSantis, J.D. Johnson, A. Ramírez-Bautista & L.D. Wilson. 2021. A Reexamination of the Herpetofauna of Oaxaca, Mexico: Composition Update, Physiographic Distribution, and Conservation Commentary. Zootaxa 4996:201-252.
- Medrano, L. & M.J. Vázquez-Cuevas. 2019. Apoyo a las colecciones biológicas de la Facultad de Ciencias de la UNAM: Fase 1. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO (colección de mamíferos marinos), proyecto LEO02. Ciudad de México. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/cgi-bin/datos2.cgi?Letras=LE&Numero=2>.
- Nahuat-Cervera, P.E., J.R. Avilés-Novelo, I. Arellano-Ciau, L.J. Trinchán-Guerra & E.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.
- Nieto-Montes de Oca, A., A.J. Barley, R.N. Meza-Lázaro, U.O. García-Vázquez, J.G. Zamora-Abrego, R.C. Thomson & A. Leaché. 2017. Phylogenomics and species delimitation in the knob-scaled lizards of the genus *Xenosaurus* (Squamata: Xenosauridae) using ddRADseq data reveal a substantial underestimation of diversity. Molecular Phylogenetics and Evolution 106:241-253.
- Nieto-Montes de Oca, A., N. Castresana-Villanueva, L. Canseco-Márquez & J.A. Campbell. 2022. A new species of *Xenosaurus* (Squamata: Xenosauridae) from the Sierra de Juárez of Oaxaca, Mexico. Herpetologica 78:40-50.
- Orlov, N.L., S.A. Ryabov, V.S. Nguyen & Q.T. Nguen. 2003. New records and data on the poorly known snakes of Vietnam. Russian Journal of Herpetology 10:217-240.
- Pérez-Higareda, G., M.A. López-Luna & H.M. Smith. 2007. Serpientes de la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México. Universidad Nacional Autónoma de México, D.F., México.



- Pinto-Coelho, D., M. Martins & P.R. Guimarães. 2021. Network analyses reveal the role of large snakes in connecting feeding guilds in a species-rich Amazonian snake community. *Ecology and Evolution* 11:6558-6568.
- Platt, S. G., T.R. Rainwater, J.C. Meerman & S.M. Miller. 2016. Nature Notes. Notes on the diet, foraging behavior, and venom of some snakes in Belize. *Mesoamerican Herpetology* 3:162-170.
- Smith, G.R., J.A. Lemos-Espinal & R.E. Ballinger. 1997. Sexual dimorphism in two species of knob-scaled lizards (genus *Xenosaurus*) from Mexico. *Herpetologica* 53:200-205.
- Smith, G.R. & J.A. Lemos-Espinal. 2000. Male reproductive cycle of the knob-scaled lizard, *Xenosaurus grandis*. *The Southwestern Naturalist* 45:356-357.
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar, F. Reyes & J. Hošek. 2023. The Reptile Database, <http://www.reptile-atabase.org>, [Consultado en agosto 2023].
- Villegas-García, R., L.F. Vázquez-Vega, I.W. Caviedes-Solis, I. Solano-Zavaleta & O. Flores-Villela. 2015. Estudio herpetofaunístico de la Sierra Mazateca, Oaxaca, México. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. JF058. México D. F. Disponible en <https://www.conabio.gob.mx/%2FInstitucion%2Fproyectos%2Fresultados%2FInfJF058.pdf&usg=AOvVaw2kHy5qA2OlepVZC-IMfBL8&opi=89978449>
- Vogt, R.C., J.L. Villarreal-Benítez & G. Pérez-Higareda. 1997. Lista anotada de anfibios y reptiles. En: González, S.E., R. Dirzo & R.C. Vogt (Eds). *Historia Natural de los Tuxtlas*. Instituto de Biología, Instituto de Ecología, CONABIO. Universidad Nacional Autónoma de D.F., México.
- Zamora-Abrego, J.G., U.O. García-Vázquez & A.H. Díaz de la Vega-Pérez. 2007. Uso de microhábitat arbóreo en una población de *Xenosaurus* (Squamata: Xenosauridae) del sureste de Hidalgo, México. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana* 15:20-22.



BEHAVIORAL ASSESSMENT REVEALS SOCIAL AGGREGATIONS IN *PETROSAURUS THALASSINUS*

EVALUACIÓN DE COMPORTAMIENTO REVELA AGREGACIONES SOCIALES EN *PETROSAURUS THALASSINUS*

Ingrid C. Morales-Méndez¹, Makenna M. Orton², Janey B. Haddock^{1,2}, Lorena Siles-Cervantes¹, Marcia Y. Valenzuela-Molina³, Maria A. Eifler², María de L. Ruiz-Gomez¹ & Douglas A. Eifler²

¹*Ecology and Behavior Lab, Autonomous University of the State of México, Toluca Estado de México, 50000, México.*

²*Erell Institute, 2808 Meadow Drive, Lawrence, Kansas, 66047, USA.*

³*Instituto Tecnológico de Sonora, Antonio Caso 2266, Villa ITSON, 85130, Ciudad Obregón Sonora, México.*

*Correspondence: mdruizg@uaemex.mx

Received: 2023-09-22. **Accepted:** 2024-01-04. **Published:** 2024-02-12.

Editor: Ernesto Raya-García, México.

Resumen.— En un breve estudio de la lagartija endémica *Petrosaurus thalassinus*, en el Cañón de la Zorra, en la Reserva de la Biosfera Sierra La Laguna en México, a lo largo de siete días buscamos obtener un panorama preliminar de su estructura social al evaluar su comportamiento, morfología y uso de hábitat. Capturamos, marcamos y medimos 28 adultos y realizamos 19.4 horas de observaciones focales en 47 adultos marcados y no marcados en campo. Los machos tuvieron una longitud hocico-cloaca mayor a la de hembras, pero las hembras presentaron una mayor masa que los machos. Las lagartijas realizaron 30 conductas diferentes que se organizaron en ocho categorías. Los resultados resaltan la agregación de individuos en grupos de dos a cinco lagartijas, las cuales permanecían muy cerca (separados por < 1m) y en contacto visual frecuente (25/47 observaciones, 53.2%) mientras termorregulaban en rocas, o compartían espacios en grietas. Si bien las lagartijas agregadas exhibieron altos niveles de tolerancia mutua y despliegue de señales, también mostraron poca o ninguna agresión. Los individuos más grandes usaron las rocas más altas y ocuparon posiciones más altas sobre estas, pero no hubo diferencia entre sexos. Además, observamos interacciones interespecíficas de *P. thalassinus* con *Sceloporus hunsakeri* y con *Ctenosaura hemilopha*. Nuestros resultados indican que *P. thalassinus* podría tener un sistema social más complejo que el reportado en la mayoría de las lagartijas, lo que justifica una mayor investigación.

Palabras clave.— Agregaciones, lagartijas, estructura del hábitat, etograma.

Abstract.— In a brief study on the endemic lizard, *Petrosaurus thalassinus*, in the Cañón de la Zorra region of Sierra La Laguna Biosphere Reserve in Mexico, over seven days we aimed to gain a preliminary insight into their social structure by examining their behavior, morphology, and habitat use. We captured, marked, and measured 28 adults, and conducted 19.4 hours of focal observations on 47 marked and unmarked adults in the field. Males had longer snout-vent lengths than females, but females had greater mass than males of the same snout-vent length. Lizards exhibited 30 behaviors organized into eight categories. Most notably, while basking on rocks or sharing crevices they aggregated in groups of two to five individuals (< 1m apart) and in frequent visual contact (25/47 observations, 53.2%) while basking on rocks or sharing crevices. Although aggregated lizards showed high levels of mutual tolerance and signaling behavior, they exhibited little to no aggression. Larger lizards used taller rocks and took higher positions on them, but there was no difference between sexes. Furthermore, we observed *P. thalassinus* in interspecific interactions with *Sceloporus hunsakeri* and with *Ctenosaura hemilopha*. Our results indicate that *P. thalassinus* could have a more complex social system than reported for most lizards, which warrants further investigation.

Keywords.— Aggregations, ethogram, habitat structure, lizards.

INTRODUCTION

Cataloging and documenting the natural behavior of a species is imperative to providing an accurate baseline of normal behavioral expressions, as animals in captivity can exhibit behavioral alterations and anomalies (Kitchen & Martin, 1996; Morgan & Tromborg, 2007). For many species, their behavioral repertoire has been well-documented with functions and mechanisms associated with each behavior that can promote an understanding of their ecology, as well as an ability to assess sociality.

Most studies on behavior and its drivers have been carried out on birds, mammals, and insects, whereas reptile behavior studies tend to focus on the role of habitat and space use in life history. Habitat can shape the morphology and behavior of lizards (Williams, 1983; Losos et al., 1998; Goodman et al., 2008; Tulli et al., 2009), with rock-dwelling lizards tending to have flat bodies, flat heads, and short limbs (Herrel et al., 2002; Pelegrin et al., 2017). Changes in habitat structure can in turn influence and modify behavioral plasticity in lizards (e.g., Ramos & Peters, 2017).

Social behavior, which for lizards often consists of ecological aggregations, can be affected by biotic components of the habitat in combination with resource availability, as individuals that are attracted to the same environmental features are more likely to interact (Graves & Duvall, 1995; Mouton et al., 1999; Kearney et al., 2001; Mouton, 2011; Eifler & Eifler, 2014). In the wild, lizards that tend to aggregate usually share crevices, shelters, or basking and feeding sites (Mouton et al., 1999; Nieuwoudt et al., 2003; Bishop & Echternacht, 2004; Barry et al., 2014; Eifler & Eifler, 2014). When shelters and food are experimentally provided so they are not limiting resources, some individuals avoid conspecifics (Schutz et al., 2007), while others maintain aggregations (Gardner et al., 2016). Viviparous lineages of lizards are more likely to aggregate (Gardner et al., 2016; Halliwell, et al., 2017), perhaps due to delayed juvenile dispersal (Davis et al., 2011), although longevity, monogamy, and investment in chemical signaling also enhance tendencies to aggregate (Gardner et al., 2016; Baeckens & Whiting, 2021).

Proximity among individuals that facilitate aggregation also arises from mutual attraction, direct benefits (e.g., predator defense (Downes & Hofer, 2004; Mouton, 2011), enhanced vigilance (Mouton et al., 1999), or thermoregulation (Shah et al., 2003)). More complex forms of sociality, such as parental care (Qi et al., 2012), cooperative burrow construction (McAlpin et al., 2011), or protection against infanticide (O'Connor & Shine, 2004)

can occur in lizards when the social composition of a group includes both sexes or juveniles. Nevertheless, fully interacting social groups in lizards have only rarely been observed, with true sociality documented in less than 1% of all lizard species (Gardner et al., 2016).

Petrosaurus thalassinus (Cope), the San Lucan Rock lizard, is a large, oviparous species in the family Phrynosomatidae that is endemic to rocky areas in the southern half of the Baja California peninsula. Although an iconic reptile, little is known about the species. Some insights into their reproduction, parasitic loads, thermoregulation, and genetic variability are available (Aguilars-S. et al., 1988; Jiménez & Palacios, 1999; Goldberg & Beaman, 2004; Bursey & Goldberg, 2007; Cardona-Botero et al., 2020), but their behavior in their natural environment is largely unknown. They are omnivorous and probably sit-and-wait foragers like the closely related *P. mearnsi* (De Lisle, 1991; Ardura, 2021). Adult males are generally larger than females, with body size ranging from 87 – 175 mm Snout – Vent Length (SVL) and their banded tail sometimes nearly twice as long as their body (Goldberg & Beaman, 2004). We aimed to develop a comprehensive catalog of the behavior of *P. thalassinus* based on field observations, and to gain preliminary insight into their social structure by examining the relationship between behavior, morphology, and habitat.

MATERIALS AND METHODS

Study site

During seven days (12th – 19th March 2022) we studied *P. thalassinus* in the Cañón de la Zorra, in the Sierra La Laguna. This area, located in Baja California Sur, Mexico (23.498339° N, 109.793504° W; WGS84 datum) was designated by the Mexican Government as a Protected Area (CONANP, 1994) and later, as a Global Biosphere Reserve (designated by UNESCO, 2003) (Fig. 1). Our study site (90,000 m²) was adjacent to Arroyo San Juanito, a small shallow river in a valley strewn with numerous large boulders, vegetation, and sand banks. The Sierra La Laguna is primarily a San Lucan xeric scrub ecoregion, with open forests of *Quercus tuberculata* and short shrubs of *Mimosa xanti*, *Acacia brandegeana*, *Dodonaea viscosa*, *Tephrosia cana*, and *Bernardia lagunensis*. The climate is a tropical and subtropical desert climate (i.e., BWh) (Peel et al., 2007; Gonzalez-Abraham et al., 2010). We recorded air temperature every 300 s (from 08:30 – 14:30 h) with a temperature data logger (Tempo Disc™ BlueMaestro) placed on a rock in full sun at the edge of the river (recorded temperature range = 12.2° – 47.8° C). We observed little cloud cover and no precipitation for the duration of the study.

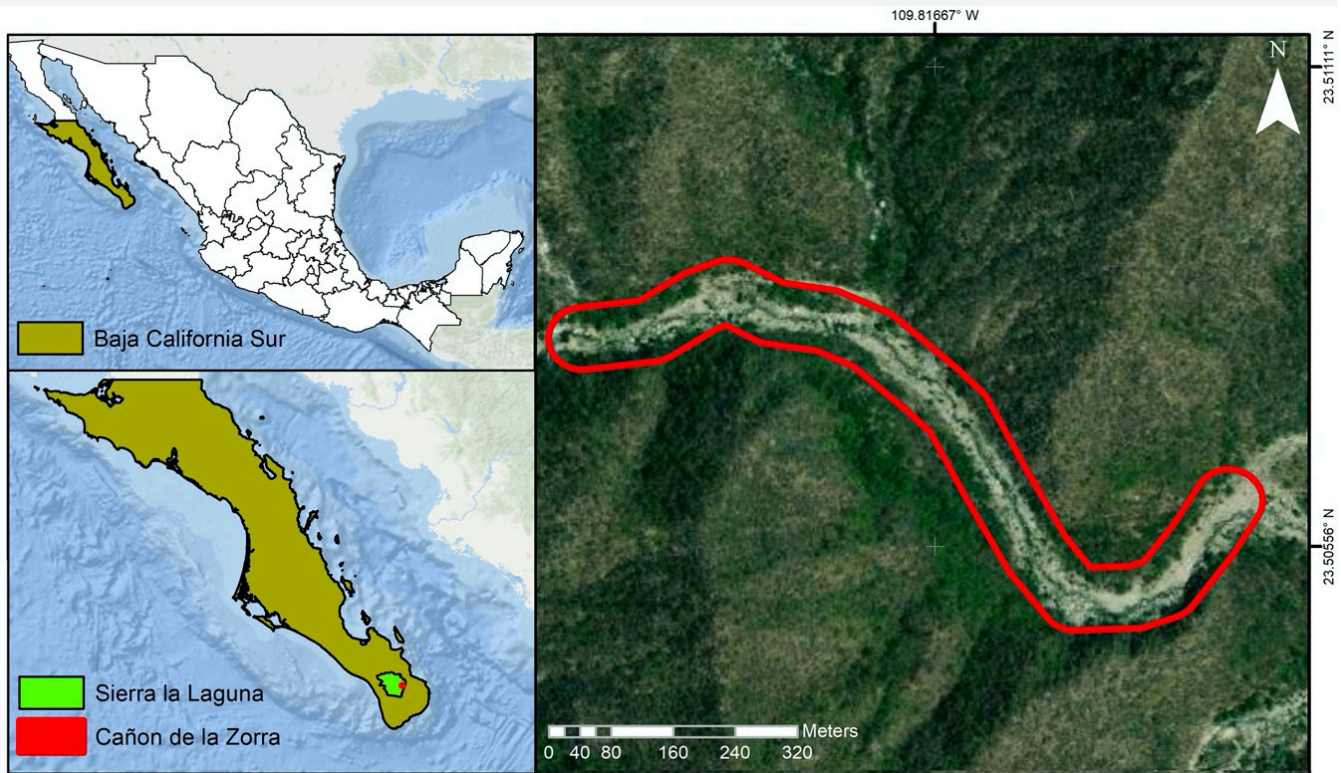


Figura 1. Área de estudio Cañón de la Zorra, localizada en el área natural protegida Sierra La Laguna, Baja California Sur, México.

Figure 1. Study Area Cañón de la Zorra (Fox Canyon), located in the Sierra La Laguna natural protected area in Baja California Sur, Mexico.

Animal capture and habitat data

We captured lizards using a small lasso attached to an extendable pole, recorded the location of their initial sighting with a handheld GPS (Garmin Oregon 500) and marked the capture site to characterize the habitat in the afternoon of the same day. We measured all captured animals (Snout-Vent-Lenght, SVL, tail length, and mass), sexed them by probing, and uniquely marked each with nontoxic paint at the base of their tail to avoid recapture and to allow identification during behavioral observations. We always captured lizards and recorded their behavior on the rocks, almost never sighting them off rocks. After each capture, we recorded information relative to where the lizard was initially sighted: the height of the rock (= rock height; an assessment of the maximum vertical position available to lizards), the vertical position of the lizard on the rock (= height on rock; an assessment of the lizard's position relative to available vertical locations), the presence of crevices, and whether the lizard was initially sighted on a local high point.

We defined a local high point as a location from which movement in any direction resulted in a lower height on the rock. All lizards were released at their initial sighting location

within 3 – 6 h after capture and were not observed for 24 h after release. We also observed some lizards that we were unable to capture, for which we could not assign sex or assess body size. We marked areas where we first sighted lizards and did not make any additional observations of unmarked lizards in the area to avoid recording information for the same individual more than once.

Ethogram and behavioral observations

Prior to conducting focal observations, we spent several days observing animals throughout the study area to generate an ethogram. Lizards were observed with binoculars from a distance of ca. 10 – > 50 m. In addition to defining behaviors, we designated behaviors as events (by counting their occurrence) or as states (by timing their occurrence) and grouped behaviors into categories. Subsequently, from 08:30 – 14:30 h, teams of two people conducted 30-min focal observations. We conducted a total of 1165 min of focal observations on 47 lizards, 13 of which were previously marked (see above, 27.7%; n = 8 males, 5 females). We observed each lizard only once, halting observations prior to 30 min when the animal moved out of sight for > 2 min. During observations, one team member watched the focal animal

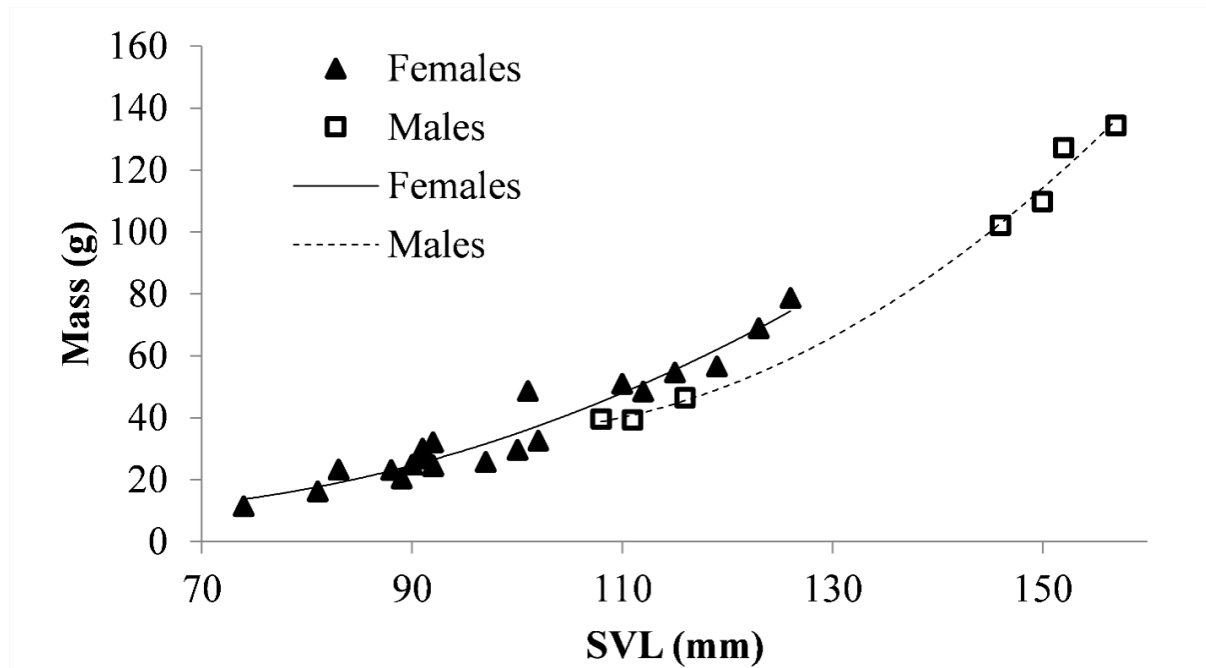


Figura 2. Relación entre masa y LHC de machos y hembras de *Petrosaurus thalassinus*. / **Figure 2.** Relationship between mass and SVL of male and female *Petrosaurus thalassinus*.

and dictated its behavior to the second team member who recorded behaviors and used a stopwatch to time the duration of behavioral states. We also noted other *P. thalassinus* within 1 m of the focal lizard (i.e., group size) and recorded details of interspecific interactions. Interactions with other species were recorded opportunistically outside of observation periods.

Statistical Analyses

We used general linear models to examine the scaling relationship for log-transformed body size (mass and SVL) by sex and to examine the relationship between rock height, height on rock, and body size (square root-transformed SVL). For general linear models, we employed stepwise selection, where SVL, sex and their interaction were considered with a threshold of $P = 0.15$ for removal. For analyses, we converted behaviors that were counted (i.e., events) into rates (per h), and behaviors that were timed (i.e., states) to percentages relative to the total observation period. We analyzed the interrelationship between the behavioral categories of movement, signals, and environmental monitoring, as well as their relationship with temperature using Pearson correlations. We tested for behavioral differences between the sexes, as well as individual lizards and those in groups using Mann-Whitney tests, considering differences significant when $P < 0.05$. We used Minitab 19 (College Park, PA) for statistical analysis.

RESULTS

Body size and perch use

We captured, marked, and measured 28 adult *P. thalassinus* (21 females and 7 males). Males had longer SVLs than females (GLM, $P < 0.05$, Fig. 2). Body mass was significantly related to both SVL and sex (GLM: SVL: $F_{1,25} = 431.5$, $P < 0.001$; Sex: $F_{1,25} = 5.63$, $P = 0.026$), with females being heavier than males of similar SVL (Fig. 2). Lizards with longer SVLs perched higher on taller rocks (rock height: $F_{1,26} = 6.16$, $P = 0.02$; height on rock: $F_{1,26} = 4.39$, $P = 0.046$); neither height on rock nor rock height was related to sex. Of the 28 captured lizards, 93% ($n = 26$) were found on rocks with crevices, 96% ($n = 27$) were positioned under the canopy, and 39% ($n = 11$) were initially observed on a local high point. We observed 30 behaviors, which we organized into eight behavioral categories (Table 1). We observed lizards eating on a few occasions but were unable to determine the food consumed. Digging behavior was only observed in one individual, which repeatedly jumped from a rock and then dug in the same sandy location. The digging did not lead to eating, and after several iterations the lizard left the area.

The behavioral category of movement was positively correlated with the category of signals ($r = 0.243$, $P = 0.046$) and of environmental evaluation ($r = 0.642$, $P < 0.001$). None of those three categories were correlated with temperature (movement: r

Tabla 1. Etograma de los comportamientos expresados por *Petrosaurus thalassinus*, durante 1165 min de observación directa en el área natural protegida Sierra La Laguna, Baja California Sur, México. Los comportamientos separados por “/” indican pares de comportamientos que ocurrieron juntos durante una interacción.

Table 1. Ethogram of behaviors expressed by *Petrosaurus thalassinus*, obtained during 1165 min of direct observation in Sierra La Laguna natural protected area, Baja California Sur, Mexico. Behaviors separated by “/” indicate pairs of behaviors that occurred together during an interaction.

Behavioral category	Specific behavior	Definition
Agonistic	Avoidance	Lizard one turns away at the presence of lizard two
	Chase/Flee	Lizard one quickly moves towards lizard two. Lizard two moves away quickly. Lizard one pursues, following any directional changes of lizard two.
	Displacement	Lizard one moves towards lizard two. Lizard two avoids lizard one by relinquishing its location to lizard one (i.e., is displaced). Lizard one takes the position of lizard two.
Environmental Monitoring	Head turns	The head is moved (up, down, left, or right) while the body remains still.
	Head tilt	The head is rotated longitudinally while the body remains still.
	Substrate touch	The lizard touches the ground with its mouth or tongue or drags its face along the ground before returning its head to a neutral position.
Miscellaneous	Biting	The mouth is opened and then closed around a non-food object (agonistic or environmental monitoring, depending on object).
	Dig	The anterior legs scratch at the substrate creating a depression.
Feeding	Biting	The lizard consumes a food item: opening and closing its mouth repeatedly, then swallowing the food item.
Movement	Jump	Movement in which the lizard displaces its body while all four feet are off the ground.
	Moves	A shift in location of the whole body.
Postural	Back-arch	The middle of the back is raised upwards while the feet are on the ground and the head and chest are lowered to make a curved arc.
	Body dangle	The anterior portion of the lizard's body extends off the edge of a surface, such as a rock, while the posterior portion stays in contact with the surface.
	Body tilt	With its feet remaining in contact with the substrate, the lizard rolls its body along the longitudinal axis, exposing its ventral area.
	Compressed posture	The lizard lowers its body so that the ventral surface touches the substrate, giving the lizard a flattened appearance.
	Eye lick	The lizard touches their own eye with their tongue.
	Eyes closed	The eyelids are closed for more than a blink.
	Survey posture	The lizard raises the anterior part of the body and lifts the head while the posterior part of the body stays close to the ground.
	Tail move	A wave of or adjustment to the position of the tail.
	Toes-up	The lizard raises their toes off the ground while the rest of the foot remains on the ground.
	Yawn	The lizard fully opens then closes its mouth; could be a signal but unclear from context.



Tabla 1 (cont.). Etograma de los comportamientos expresados por *Petrosaurus thalassinus*, durante 1165 min de observación directa en el área natural protegida Sierra La Laguna, Baja California Sur, México. Los comportamientos separados por “/” indican pares de comportamientos que ocurrieron juntos durante una interacción.

Table 1 (cont.). Ethogram of behaviors expressed by *Petrosaurus thalassinus*, obtained during 1165 min of direct observation in Sierra La Laguna natural protected area, Baja California Sur, Mexico. Behaviors separated by “/” indicate pairs of behaviors that occurred together during an interaction.

Behavioral category	Specific behavior	Definition
Signals	Exposed throat	The lizard raises and tilts its head upwards, displaying its throat.
	Head bobs	The alternate raising and lowering of the head in a continuous motion that can be counted.
	Head shudder	A very rapid series of head bobs that are too quick to be individually counted.
	Head sway	The lizard deliberately moves its head along the horizontal plane in a fluid motion.
	Push-up	The raising and lowering of the anterior part of the body while the posterior of the body remains on the substrate and still.
	Throat expansion	The lizard inflates and then deflates the gular region. The inflation & deflation can be fast, or the inflation can last for a few s.
Social tolerancel	Crevice sharing	≥ two lizards positioned in the same rock crevice at the same time.
	Mutual tolerance	≥ two lizards are positioned within 30 cm of each other for > 30 s.
	Non-aggressive contact	≥ two lizards touch each other's bodies without force or biting.

= -0.035, $P = 0.817$; signals: $r = -0.286$, $P = 0.051$; environmental evaluation: $r = -0.225$, $P = 0.128$). We observed nearly all focal individuals (46/47, 98%) engaging in environmental evaluation (i.e., head turns, head tilts, and substrate touches). Head tilts (i.e., visual evaluation; $n = 35/47$ lizards, 74%) were positively correlated with substrate touches (i.e., chemical evaluation; $n = 11/47$ lizards, 23%; $r = 0.520$, $P < 0.001$). Among signaling behaviors, head bobs were especially common ($n = 37/47$ lizards, 79%), with one animal performing head bobs at a rate of 249.6/h (Table 2). The only behavior that differed significantly between the sexes was throat expansion, which was only seen in males ($n = 5$ of 8 males (63%); $U = 6$, $P = 0.018$), although we observed throat expansions in 10 lizards that we were unable to capture so were of unknown sex ($n = 18$; 5.89 ± 2.42 (SE), range: 0 – 46, median = 4.0). The only behaviors where individual lizards and those in groups differed were chases and nonaggressive contact, both of which can only occur for lizards in groups. Individuals spent most of their time in survey posture ($= 57.5\%$; Table 2). When we compared single lizards to individuals in groups, we found no significant differences for any behavior (Mann-Whitney tests).

Slightly more than half of the lizards we observed ($n = 25$; 53%) were found interacting in conspecific groups (i.e., with individuals < 1 m apart). Of those, 52 % ($n = 13$) were observed interacting in pairs, 32 % ($n = 8$) interacted in groups of three, and 16 % ($n = 4$) were found in groups of four (Figs. 3 – 6). Conspecific interactions were influenced by ambient temperature, with the number of group members ($r = 0.314$, $P = 0.032$) and the percentage of time spent in a state of mutual tolerance ($r = 0.287$, $P = 0.050$) being positively, while frequency of avoidance ($r = -0.301$, $P = 0.040$) and head tilts ($r = -0.376$, $P = 0.009$) were negatively correlated with temperature. On three occasions we observed adult *P. thalassinus* involved in interspecific interactions with adult lizards of other species: 1) one *P. thalassinus* avoided one *Ctenosaura hemilopha* (Fig. 7); 2) one *P. thalassinus* shared a rock for ca. 5 min with one *C. hemilopha*, with the two ca. 60 cm apart and apparently in visual contact. During the interaction, the *P. thalassinus* did push-ups and head bobs; and 3) one *P. thalassinus* shared a rock with one *Sceloporus hunsakeri* (Fig. 8), with the two ca. 80 cm apart for ca. 2 min before both moved to a local high point on a different rock that they also shared, remaining ca. 60 cm apart for ca. 5 min.



Figure 3 (up). Dos ejemplares de *Petrosaurus thalassinus* en tolerancia mutua en una grieta. Fotografía de Marcia Valenzuela.

Figura 3 (arriba). Two *Petrosaurus thalassinus* showing mutual tolerance in a crevice. Photo by Marcia Valenzuela.

Figure 4 (right). Secuencia de la interacción entre dos hembras marcadas y un individuo de tamaño grande sin marcar de *Petrosaurus thalassinus*. a) un individuo sin marcar en la postura de vigilancia, posado en una posición más alta sobre una roca en comparación con dos hembras marcadas ubicadas más abajo en la misma roca. b) el individuo sin marcar bajó y se mantuvo cercano a las dos hembras marcadas. Fotografía de Marcia Valenzuela.

Figura 4 (derecha). Sequence of the interaction between two marked females and a larger unmarked individual of *Petrosaurus thalassinus*. a) an unmarked individual in survey posture, perched higher on a rock compared to two marked females located lower on the rock. b) the unmarked individual ran down and stayed in close proximity to the two marked females. Photo by Marcia Valenzuela.





Figura 5. Área rocosa donde se observaron cinco *Petrosaurus thalassinus* próximos, cuatro de los cuales se muestran en la foto. La agrupación no se identificó durante las observaciones focales y los individuos no cumplieron con nuestra distancia de interacción, por lo que el grupo no se incluyó en los análisis. Fotografía de Marcia Valenzuela.

Figure 5. Rocky area where we noted five proximate *Petrosaurus thalassinus*, with four pictured. The assemblage did not occur during focal observations and individuals did not meet our interaction distance, so the aggregation was not included in analyses. Photo by Marcia Valenzuela.



Figura 6. *Petrosaurus thalassinus* (izquierda) en una grieta (i.e., evitando), en respuesta a la presencia de un *Ctenosaura hemilopha* (derecha). Fotografía de Marcia Valenzuela.

Figure 6. *Petrosaurus thalassinus* (left) in a crevice (i.e., in avoidance) in response to the presence of a *Ctenosaura hemilopha* (right). Photo by Marcia Valenzuela.

DISCUSSION

Ethogram

Our study provides baseline information on the behavior and natural history of *P. thalassinus*. A small subset of the behaviors defined in our ethogram (Table 1), primarily from the categories of movement, signaling, or environmental monitoring, accounted for most of the activity we observed during our study, possibly as individuals evaluated and responded to their social environment and habitat (Watters, 2009; Steinberg et al., 2014). Other behaviors occurred infrequently, probably due to the short duration of our study as well as the nature of *P. thalassinus* foraging, as sit-and-wait lizards are generally inactive (Huey & Pianka, 1981). Additionally, adult phrynosomatids are only rarely observed foraging and most frequently are immobile, with the main behaviors recorded for other species falling into our postural or signal categories (Watters, 2009).

Sex differences

We found no measurable differences in behavior between the sexes, except in incidents of throat expansion, although our

conclusions are limited by the small number of animals that we were able to capture and sex. Nevertheless, we were able to document differences between males and females in body size and basic habitat use. Males of *P. thalassinus* were longer than females, but females were heavier than males of the same length (Fig. 2).

Similar mixed body-size differences between the sexes have been found in other lizard species, possible due to phylogeny or to reproduction (Cox et al., 2007). Gravid females can be heavier than males due to the presence of eggs (Cox et al., 2007; López Juri et al., 2018); our study corresponded with the reproductive season for *P. thalassinus* (Goldberg & Beaman, 2004), which could account for our mixed body-size measurements. Body mass and SVL measurements are needed at other times of the year to verify whether the trend we found continues outside the breeding season and to interpret sexual size dimorphism in the species. Although we did not detect sex differences in habitat use, body size was related to both the size of rocks on which we found lizards (i.e., rock height) and the position of the lizards on the rocks (i.e., height on rock). A similar pattern in *Anolis*



Figura 7. Interacción interespecífica (tolerancia mutua) entre *Petrosaurus thalassinus* (izquierda) y *Sceloporus hunsakeri* (derecha). Fotografía de Marcia Valenzuela.

Figure 7. Interspecific interaction (mutual tolerance) between a *Petrosaurus thalassinus* (left) and a *Sceloporus hunsakeri* (right). Photo by Marcia Valenzuela.

homolechis was attributed to urbanization and to the presence of predators (Vidal et al., 2023). Although Cañón de la Zorra is not urbanized, the site is frequented by eco-tourists. Vigilance

from high perching sites could help individuals monitor the environment better and make them less prone to predatory attacks or human disturbance (Vidal et al., 2023).

Tabla 2. Tasas (media ± SE), rangos y medianas de los comportamientos específicos más frecuentes observados en *Petrosaurus thalassinus* en Sierra La Laguna. Debido a que no se observaron diferencias entre sexos, se muestran los datos para todos los animales (n = 47).

Table 2. Rates (mean ± SE), ranges, and medians of the most frequent specific behaviors observed in *Petrosaurus thalassinus* in Sierra La Laguna. Because there were no differences between the sexes in behavior, data are combined for all animals (n = 47).

Variable	Mean ± SE	Range	Median
Head bobs h-1	30.4 ± 6.6	0.0, 249.6	15.9
Head shudder h-1	3.5 ± 1.3	0.0, 47.3	0.0
Head tilt h-1	10.3 ± 1.5	0.0, 33.5	6.0
Head turn h-1	50.9 ± 4.8	0.0, 159.6	42.0
Jumps h-1	4.9 ± 0.9	0.0, 25.1	2.8
Moves h-1	39.8 ± 5.8	0.0, 169.3	28.0
Push up h-1	15.6 ± 3.4	0.0, 116.3	6.0
Substrate touch h-1	1.5 ± 0.5	0.0, 16.2	0.0
Survey posture (%)	57.5 ± 4.5	0.0, 100.0	58.1

AGGREGATIONS

Intraspecific interactions

The behaviors we observed and recorded indicate that *P. thalassinus* individuals are more social than previously realized, similar to what has been found in *P. mearnsi* (De Lisle, 1991). We recorded interactions, most of them non-aggressive, frequently seeing individuals in aggregations and positioned close to each other. In addition, we repeatedly found the same sets of marked individuals sharing crevices and observed some of the marked lizards interacting repeatedly (Figs. 3 – 5). We observed infrequent displacements, which are indicators of a dominance hierarchy, and we did not observe individuals defending an area, reducing the likelihood that *P. thalassinus* is a territorial species (Effenberger & Mouton, 2007). However, because we captured, sexed, and marked relatively few individuals in the population, we cannot speak definitively to their space use or social system. Besides the possibility of social attraction, the aggregations we observed could be due to resource limitation or habitat structure.

The preferred habitat of *P. thalassinus* contained tall rocks with crevices, which seemed to be unevenly distributed and limited in availability. Both the distribution of resources and a reliance on concentrated but limited resources can contribute to animal aggregations (Gardner et al., 2016; Garrison et al., 2016). When habitats contain limited numbers of appropriate rocks with crevices, groups can form when individuals congregate in suitable refugia (Chapple, 2003; Michael et al., 2010). As for other lizard species, sharing habitat resources by living in groups would be beneficial for *P. thalassinus* (Effenberger & Mouton, 2007; Whiting & While, 2017).

Diet, predator pressure, ontogenetic stage, temperature, and season also could contribute to their tendency to form non-aggressive aggregations (Lemos-Espinal et al., 1997; Ruby, 1997; Chapple, 2003; Watters, 2009; Steinberg et al., 2014; Johnston et al., 2020). More detailed studies of the habitat structure, resource distribution and availability, and social connectedness in *P. thalassinus* in Sierra La Laguna are needed to understand the nature of their social relationships and to determine the causes underlying their aggregations. Social animals can use multimodal signals to convey information (Hews & Martins, 2013); for *P. thalassinus*, we determined that behaviors allowing visual evaluation of the environment (i.e., head tilts) were related to behaviors that allow chemical evaluation of the habitat.

Further studies thoroughly evaluating the social components of communication are also merited. In terms of sampling design, our distance metric to define animals aggregating into a group

was 1 m. Distance between individuals considered proximate is rarely reported, with the occurrence of aggregations based on an observer's subjective assessment and often defined as crevice sharing, shelter sharing, or basking together (Halliwell et al., 2017). Given that we observed individuals signaling to each other or responding to disturbance from people at distances >1 m (e.g., Fig. 6), individual *P. thalassinus* were likely to be aware of each other's presence at greater distances than our conservative metric of 1 m. If individuals are aware of and respond to each other at distances > 1 m, future studies should consider a broader definition of proximity to better understand the extent of social aggregations.

Interspecific interactions

Interactions between *P. thalassinus*, *Ctenosaura hemilopha* and *Sceloporus hunsakeri* (Figs. 7 & 8) could occur as a result of limited resources in their shared habitat (Sillero & Gomes, 2016), as all three species prefer rocky habitats and both *C. hemilopha* and *P. thalassinus* perch high on rocks, close to refuges such as holes or crevices (Blázquez & Rodríguez-Estrella, 1997; Grismer, 2002; present study). We observed both avoidance and mutual tolerance among the three species, but a more thorough evaluation of interspecific interactions and the extent to which they partition habitat resources is merited.

CONCLUSIONS

The array of behavioral traits we recorded included social signals, movements, and environmental evaluation (Table 1). In combination with their tendency for intra- and interspecific social tolerance in the form of sharing rocks and crevices, indications are that *P. thalassinus* might be more social and behaviorally complex than previously thought. Future, large-scale studies focused on the role of habitat structure and food resources in group formation and maintenance, as well as a thorough social analysis of *P. thalassinus*, would shed light on a potentially nuanced and intricate social system in lizards.

Acknowledgements.— We are thankful to Héctor Villalobos for his support with logistics during fieldwork and to Sol de Mayo Ranch for letting us work on their premises and providing us with information about the area. Our work adhered to the current guidelines for the use of live amphibians and reptiles in field and laboratory research by the Herpetological Animal Care and Use Committee of the American Society of Ichthyologists and Herpetologists under the approval of Erell Institute's Animal Care and Use Committee (IACUC proposal no. 2022–01). Our research was funded by the Dunlap Charitable Fund donations to Erell Institute.

CITED LITERATURE

- Aguilars-S, M.A., J.W. Sites Jr. & R.W. Murphy. 1988. Genetic variability and population structure in the lizard genus *Petrosaurus*. *Journal of Herpetology* 22:135-145.
- Ardura, A.C. 2021. New visual records of plants consumed by 10 lizard species on islands of the Gulf of California, and implications for the insular ecology and trophic webs. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 4:23-52.
- Baeckens, S. & M.J. Whiting. 2021. Investment in chemical signaling glands facilitates the evolution of sociality in lizards. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 288:20202438.
- Barry, M., U. Shanas & D.H. Brunton. 2014. Year-round mixed-age shelter aggregations in Duvaucel's geckos (*Hoplodactylus duvaucelii*). *Herpetologica* 70:395-406.
- Bishop, D.C. & A.C. Echternacht. 2004. Emergence behavior and movements of winter-aggregated green anoles (*Anolis carolinensis*) and the thermal characteristics of their crevices in Tennessee. *Herpetologica* 60:168-177.
- Blázquez, M.C. & R. Rodríguez-Estrella. 1997. Factors influencing the selection of basking perches on carbon cacti by spiny-tailed iguanas (*Ctenosaura hemilopha*). *Biotropica* 29:344-348.
- Burse, C.R. & S.R. Goldberg. 2007. New species of *Parapharyngodon* (Nematoda: Pharyngodonidae) and other helminths in *Petrosaurus repens* and *P. thalassinus* (Squamata: Phrynosomatidae) from Baja California Del Sur, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 52:243-250.
- Cardona-Botero, V.E., R.A. Lara-Resendiz & P. Galina-Tessaro. 2020. Field and selected body temperatures of the San Lucan rock lizard (*Petrosaurus thalassinus*) in Baja California, Mexico. *Herpetology Notes* 13:485-486.
- Chapple, D.G. 2003. Ecology, life-history, and behavior in the Australian scincid genus *Egernia*, with comments on the evolution of complex sociality in lizards. *Herpetological Monographs* 17:145-180.
- Cox, R.M., M.A. Butler & H.B. John-Alder. 2007. The evolution of sexual size dimorphism in reptiles. Pp. 38-49. In Fairbairn, D.J., W.U. Blanckenhorn & T. Székely (Eds.), *Sex, Size and Gender Roles: Evolutionary Studies of Sexual Size Dimorphism*. Oxford University Press. New York, New York, USA.
- Davis, A.R., A. Corl, Y. Surget-Groba & B. Sinervo. 2011. Convergent evolution of kin-based sociality in a lizard. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 278:1507-1514.
- De Lisle, H.F. 1991. Behavioral ecology of the banded rock lizard (*Petrosaurus mearnsi*). *Bulletin, Southern California Academy of Sciences* 90:102-117.
- Downes, S. & A.M. Hofer. 2004. Antipredatory behaviour in lizards: interactions between group size and predation risk. *Animal Behaviour* 67:485-492.
- Effenberger E. & P. Le FN Mouton. 2007. Space use in a multi-male group of the group-living lizard. *Journal of Zoology* 272:202-208.
- Eifler, D.A. & M.A. Eifler. 2014. Social foraging in the lizard *Ameiva corax*. *Behavioral Ecology* 25:1347-1352.
- Gardner, M.G., S.K. Pearson, G.R. Johnston & M.P. Schwarz. 2016. Group living in squamate reptiles: a review of evidence for stable aggregations. *Biological Reviews* 91:925-36.
- Garrison, G., M. Phillips, M. Eifler & D. Eifler. 2016. Intraspecific variation in opportunistic use of trophic resources by the lizard *Ameiva corax* (Squamata: Teiidae). *Amphibia-Reptilia* 37:331-334.
- Goldberg, S.R. & K.R. Beaman. 2004. Reproduction in the San Lucan banded rock lizard, *Petrosaurus thalassinus* (Phrynosomatidae) from Baja California Sur, Mexico. *Bulletin, Southern California Academy of Sciences* 103:147-150.
- González-Abraham, C. E., P. Garcillán, & E. Ezcurra. 2010. Ecorregiones de la península de Baja California: una síntesis. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 87: 69-82.
- Goodman, B.A., D.B. Miles & L. Schwarzkopf. 2008. Life on the rocks: habitat use drives morphological and performance evolution in lizards. *Ecology* 89:3462-3471.
- Graves, B.M. & D. Duvall. 1995. Aggregation of squamate reptiles associated with gestation, oviposition, and parturition. *Herpetological Monographs* 9:102-119.
- Grismer, L.L. 2002. *Amphibians and reptiles of Baja California, Including its Pacific Islands and the Islands of the Sea of Cortés*. University of California Press, Berkeley, California, USA.
- Halliwell, B., T. Uller, B.R. Holland & G.M. While. 2017. Live



- bearing promotes the evolution of sociality in reptiles. *Nature Communications* 8:2030.
- Herrel, A., J.J. Meyers & B. Vanhooydonck. 2002. Relations between microhabitat use and limb shape in Phrynosomatid lizards. *Biological Journal of the Linnean Society* 77:149-163.
- Hews, D.K. & E.P. Martins. 2013. Visual and chemical signals of social communication: providing the link to habitat and environment. Pp. 111-141. In Lutterschmidt, W. (Ed.), *Reptiles in Research: Investigations of Ecology, Physiology, and Behavior from Desert to Sea*. Nova Science Publishers, Inc., Hauppauge, New York, USA.
- Huey, R.B. & E.R. Pianka. 1981. Ecological consequences of foraging mode. *Ecology* 62:991-999.
- Jiménez, M.L. & C. Palacios. 1999. Incidencia de la chinche piedrera (*Dipetalogaster maximus*) (Hemiptera: Heteroptera: Reduviidae) vector de *Tripanosoma cruzi* en zonas urbanas de La Paz, Baja California Sur, México. *Anales del Instituto de Biología Serie Zoológica* 70:215-221.
- Johnston, G. R., E. J. Lanham, & C. M. Bull. 2020. United in adversity: Aridity and cold influence aggregation behaviour in social lizard, *Egernia stokesii*. *Austral Ecology* 45:418-425.
- Kearney, M., R. Shine, S. Comber & D. Pearson. 2001. Why do geckos group? An analysis of “social” aggregations in two species of Australian lizards. *Herpetologica* 57:411-422.
- Kitchen, A.M. & A.A. Martin. 1996. The effects of cage size and complexity on the behaviour of captive common marmosets, *Callithrix jacchus jacchus*. *Laboratory Animals* 30:317-326.
- Lemos-Espinal, J. A., R. E. Ballinger, S. S. Sarabia, & G. R. Smith. 1997. Aggregation behavior of the lizard *Sceloporus mucronatus mucronatus* in Sierra del Ajusco, México. *Herpetological Review* 28: 126-127.
- López-Juri, G., M. Chiaraviglio & G. Cardozo. 2018. Macroevolution of sexual size dimorphism and reproduction related phenotypic traits in lizards of the Chaco Domain. *BMC Evolutionary Biology* 18:186.
- Losos J.B., T.R. Jackman, A. Larson, K. de Queiroz & L. Rodríguez-Schettino. 1998. Contingency and determinism in replicated adaptive radiations of island lizards. *Science* 279:2115-2118.
- McAlpin, S., P. Duckett & A. Stow. 2011. Lizards cooperatively tunnel to construct a long-term home for family members. *PLoS One* 6:e19041.
- Michael, D.R., R.B. Cunningham & D.B. Lindenmayer. 2010. The social elite: habitat heterogeneity, complexity and quality in granite inselbergs influence patterns of aggregation in *Egernia striolata* (Lygosominae: Scincidae). *Austral Ecology* 35:862-870.
- Morgan K.N. & C.T. Tromborg. 2007. Sources of stress in captivity. *Applied Animal Behaviour Science* 102:262-302.
- Mouton, P. Le FN., A.F. Flemming & E.M. Kanga. 1999. Grouping behaviour, tail-biting behaviour and sexual dimorphism in the armadillo lizard (*Cordylus cataphractus*) from South Africa. *Journal of Zoology* 249(1):1-10.
- Mouton, P. Le FN. 2011. Aggregation behaviour of lizards in the arid western regions of South Africa. *African Journal of Herpetology* 60:155-170.
- Nieuwoudt, C., P. Le FN Mouton & A. Flemming. 2003. Aggregation behaviour and movement patterns in the large-scaled girdled lizard, *Cordylus macropholis*. *Amphibia-Reptilia* 24:345-357.
- O'Connor, D.E. & R. Shine. 2004. Parental care protects against infanticide in the lizard *Egernia saxatilis* (Scincidae). *Animal Behaviour* 68:1361-1369.
- Peel, M.C., B.L. Finlayson & T.A. McMahon. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences* 11:1633-1644.
- Pelegrin, N.A., D.O. Mesquita, P.A. Albinati, F.L.S. Caldas, L.B. de Queiroga Cavalcanti, T.B. Costa, D.A. Falico, J.Y.A. Galdino, D.B. Tucker & A.A. Garda. 2017. Extreme specialization to rocky habitats in *Tropidurus* lizards from Brazil: Trade-offs between a fitted ecomorph and autoecology in a harsh environment. *Austral Ecology* 42:677-689.
- Qi, Y., D.W. Noble, J. Fu & M.J. Whiting. 2012. Spatial and social organization in a burrow-dwelling lizard (*Phrynocephalus vlangalii*) from China. *PLoS One* 7:e41130.
- Ramos, J. A. & R. A. Peters. 2017. Habitat-dependent variation in motion signal structure between allopatric populations of lizards. *Animal Behaviour* 126:69-78.



- Ruby, D. E. 1997. Winter Activity in Yarrow's Spiny Lizard, *Sceloporus jarrovi*. *Herpetologica*. 33:322-333.
- Schutz, L., D. Stuart-Fox & M.J. Whiting. 2007. Does the lizard *Platysaurus broadleyi* aggregate because of social factors? *Journal of Herpetology* 41:354-359.
- Shah, B., R. Shine, S. Hudson & M. Kearny. 2003. Sociality in lizards: why do thick-tailed geckos, *Nephrurus milii*, aggregate? *Behaviour* 140:1039-1052.
- Sillero, N. & V. Gomes. 2016. Living in clusters: the local spatial segregation of a lizard community. *Basic and Applied Herpetology* 30:61-75.
- Steinberg, D.S., J.B. Losos, T.W. Schoener, D.A. Spiller, J.J. Kolbe & M. Leal. 2014. Predation-associated modulation of movement-based signals by a Bahamian lizard. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111:9187-9192.
- Tulli, M.J., F.B. Cruz, A. Herrel, B. Vanhooydonck & V. Abdala. 2009. The interplay between claw morphology and microhabitat use in neotropical iguanian lizards. *Zoology* 112:379-392.
- Vidal, A., R. Pradel & F. Cézilly. 2023. Do suburban populations of lizards behave differently from forest ones? An analysis of perch height, time budget, and display rate in the Cuban endemic *Anolis homolechis*. *Diversity* 15:261.
- Watters, J.L. 2009. Daily activity budgets for neonate and adult *Sceloporus jarrovi* and adult *Sceloporus virgatus* in southeastern Arizona. *Journal of Herpetology* 43:665-675.
- Whiting, M.J & G.M. While. 2017. Sociality in lizards. Pp. 390-426. In D.R. Rubenstein & P. Abbot (Eds.), *Comparative Social Evolution*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Williams, E.E. 1983. Ecomorphs, faunas, island size, and diverse end points in island radiations of *Anolis*. Pp. 326-370. In R.B. Huey, E.R. Pianka & T.W. Schoener (Eds.), *Lizard Ecology: Studies of a Model Organism*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, USA.



KYPHOSIS IN THE POND TURTLE *ACTINEMYS PALLIDA* (EMYDIDAE) FROM BAJA CALIFORNIA, MEXICO

CIFOSIS EN LA TORTUGA DE POZA *ACTINEMYS PALLIDA* (EMYDIDAE) DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Jorge H. Valdez-Villavicencio^{1*}, Brayán E. León-Serrano² & Anny Peralta-García¹

¹Conservación de Fauna del Noroeste A.C., Ensenada, Baja California, C.P. 22897, México

²Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California, C.P. 22860, México.

*Correspondence: j_h_valdez@yahoo.com.mx

Received: 2023-11-12. Accepted: 2024-01-08. Published: 2024-02-07.

Editor: Ana Gatica Colima, México. .

Resumen.– La cifosis es una condición física definida como una deformidad dorsalmente convexa de la columna en el plano sagital del animal, y en el caso de tortugas, se observa una curvatura o joroba en el caparazón. Durante los estudios de monitoreo de la tortuga de poza *Actinemys pallida* en el Arroyo San Rafael, Baja California, encontramos dos individuos con cifosis. De 220 tortugas capturadas en este sitio en varios años, estas dos tortugas fueron las únicas que hemos encontrado con este tipo de malformación, lo que representa una prevalencia alta de esta condición.

Palabras Clave.– Caparazón, malformaciones, tortugas.

Abstract.– Kyphosis is a physical condition defined as a dorsally convex deformity of the spine in the sagittal plane of the animal, and in turtles, an exaggerated forward rounding or hump is observed in the turtle's shell. During monitoring surveys of the southwestern pond turtle *Actinemys pallida* in Arroyo San Rafael, Baja California, we found two kyphotic individuals. Of 220 pond turtles captured at this site in several years, these two turtles were the only ones found with this type of malformation, representing a high prevalence of this condition.

Keywords.– Carapace, malformations, turtles

Among the osteological malformations of vertebrates, kyphosis is a physical condition defined as a dorsally convex deformity of the spine in the sagittal plane of the animal, commonly known as a "hump-back" (Rhodin et al., 1984). Even though osteological abnormalities are rare in wild reptiles (Telemeco et al., 2013; Löwenborg & Hagman, 2017; Valdeón et al., 2020), they are more frequent in captivity as a consequence of deficient care, especially related to nutrition and UV deficiencies (Mendyk, 2008).

However, kyphosis, as well as other spinal malformations can develop at any time in wild animals (Frye, 1991) and can be caused by teratogenic and environmental agents, such as exposure to chemicals, abnormal temperatures, insufficient nutrients during embryonic development, genetic predisposition, errors during vertebral segmentation or ossification, among others (Frye, 1991; Rothschild, 2009; Martin-del Campo et al., 2021). Kyphosis has been recorded in many species of turtles from different families, including marine (Martin-del Campo et al., 2021) and terrestrial species (Wendolleck, 1904), but more frequently in freshwater

turtles. Within the family Emydidae it has been reported in at least 30 species (Plymale et al., 1978; Harding & Bloomer, 1979; Mitchell et al., 2019; Jackson & Zappalorti, 2020). Here we report the first case of kyphosis in *Actinemys pallida* from Baja California, Mexico.

The southwestern pond turtle (*A. pallida*) is the only native freshwater turtle in the state of Baja California. This species ranges from the central coast south of San Francisco Bay area in California to the northwestern Baja California (Legler & Vogt, 2013). Within Baja California, it is found in riparian habitats from the US-Mexico border to Arroyo El Rosario (Grismer, 2002), with a disjunct population in the central desert of Baja California (Valdez-Villavicencio et al., 2016). It is a small to medium-sized freshwater turtle with an average carapace length of 150–160 mm (Holland, 1994).

During monitoring surveys of *A. pallida* in Arroyo San Rafael, Baja California (31.11893, -115.97129, 220 m elevation), a kyphotic female turtle was captured on 17 March 2023. The specimen



Figura 1. Ejemplares con cifosis de *Actinemys pallida*, hembra adulta (izquierda) y juvenil (derecha) del Arroyo San Rafael, Baja California, México. Fotos: Jorge H. Valdez.

Figure 1. Kyphotic adult female *Actinemys pallida* (left), and a juvenile (right), from Arroyo San Rafael, Baja California, Mexico. Photos by: Jorge H. Valdez.

had the following measurements: carapace length = 120.3 mm, carapace width = 93.8 mm, plastron length = 107.7 mm, and the kyphotic carapace height was 52.0 mm (Fig. 1, Table 1).

On 09 June 2023, a second individual was captured. The juvenile turtle had the following measurements: carapace length = 67 mm, carapace width = 59.3 mm, plastron length = 62.7 mm, and the kyphotic carapace height = 30.2 mm (Fig. 1). Later, this same individual was recaptured on 24 June 2023 in the same pond, and the measurements were: carapace length = 69.6 mm, carapace width = 60.6 mm, plastron length = 64.0 mm, and the kyphotic carapace height = 30.6 mm (Table 1). Except for the shell, the head, limbs, and tail of each of the specimens, appeared to be normal, and when they were released into the water, they swam normally.

Apparently, this condition does not affect the turtles in terms of reproduction (in the case of females) or even their mobility, both in water and on land (Moldowan et al., 2015). For example, reproduction has been reported in *Trachemys scripta* with severe kyphoscoliosis (Enge et al. 2022b) and several egg clutches in kyphotic *Chrysemys picta* was also documented (Moldowan et al. 2015). Both kyphotic specimens of *Actinemys pallida* found in this study appeared to be healthy and possessed a body mass like other turtles with similar carapace length (Enge et al., 2022a; Table 1). An increase in length and body mass in kyphotic turtles could be slower in some species (Selman & Jones, 2012), or more rapid in others (Wilhoft, 1980). In this report, the recaptured juvenile *A. pallida* in our study site showed a growth similar to

non-kyphotic turtles, with a weight and carapace length similar to other turtles of similar size (Table 1).

Of 220 pond turtles captured at this site in several years, these two turtles were the only ones found with kyphosis, representing an incidence of this condition of 0.9%. Previous records on turtles have found prevalence's range from 0.04 to 1% (Rhodin et al., 1984; Trembath, 2009; Moldowan et al., 2015). The incidence at our site is consider high and warrant a need to monitor the population. When reviewing the literature, 18 reports were found where cases of kyphosis had a higher incidence in females than in males (19 and 6 respectively). Lynn & Ullrich (1950) suggested multiple potential causes for shell anomalies, due to moisture changes in the late stages of development in the nest, which can cause significant changes in the anatomy of the plastron, the carapace, and even the shape of the head.

Other causes may lead to deformed, raised plaques that form due to an excess of protein in the diet, or raised plates that form due to renal or nutritional osteodystrophy (Rothschild et al., 2013). Although it is not known if there is a direct relationship between this malformation and sex, it is likely that females are more susceptible to suffering from these malformations related to development during incubation in the nest, since being at higher temperature, the eggs may suffer from desiccation (Lynn & Ullrich, 1950). However, we cannot be sure which variables cause kyphosis on turtles at this site, so if more individuals appear, it will be necessary to determine its cause and effects in the population.

Tabla 1. Datos morfométricos de *Actinemys pallida* en condición normal y con cifosis en el Arroyo San Rafael, Baja California, México. Medidas de altura del caparazón de tortugas con cifosis en negrita. El asterisco indica la recaptura del segundo ejemplar capturado.

Table 1. Morphometrics of normal and kyphotic *Actinemys pallida* from Arroyo San Rafael, Baja California, Mexico. Carapace height measurements of kyphotic turtles in bold. The asterisk indicates the recapture of the second captured specimen.

Sex	Carapace length (mm)	Carapace with (mm)	Carapace height (mm)	Plastron Length (mm)	Mass (g)
Female	120.3	93.8	52	107.7	267.2
Female	119.2	87.3	39.5	105.1	221.7
Male	120.0	86.5	36.1	101.1	211.6
Male	120.3	90.2	35.5	102	215.1
Female	122.1	94	40.4	109.6	254.4
Female	123.2	90.9	40.1	111.6	272.4
Female	124.7	90.8	42.2	108.4	251.5
Male	125.5	88.8	39	106.6	218.9
Juvenile	67.0	59.3	30.2	62.7	55.4
Juvenile	68.6	59.4	23.5	63.3	50.5
Juvenile	68.1	56.8	23.3	58.7	45
Juvenile*	69.6	60.6	30.6	64	60.5
Juvenile	71.6	58.6	24.7	60.9	54.8

Acknowledgements.- We thank to Elisa Luna, Joel Hernández and Norma S. González for field assistance. To Jeff Alvarez for his valuable review of the English, and comments on the manuscript. We also thank to Ana Gatica and two anonymous reviewers for their suggestions that improved the manuscript. Financial support was provided by the Western Pond Turtle Range-wide Conservation Coalition. The scientific permit (SPARN/DGVS/03979/23) was issued by the Dirección General de Vida Silvestre of México to JHVV.

CITED LITERATURE

- Enge, K.M., T.M. Thomas & G. R. Johnston. 2022a. *Macrochelys suwanniensis* Kyphosis. *Herpetological Review* 53:122-123.
- Enge, K.M., B. Clemons, G.R. Johnston & L. Straub. 2022b. *Trachemys scripta scripta* Kyphosis. *Herpetological Review* 53:315.
- Frye, F.L. 1991. *Biomedical and Surgical Aspects of Captive Reptile Husbandry*. Krieger Publishing Company. Malabar, Florida, USA.
- Grismer, L.L. 2002. *Amphibians and Reptiles of Baja California, including its Pacific Islands and the Islands in the Sea of Cortés*. University of California Press. Berkeley, California, USA.
- Harding, J.H. & T.J. Bloomer. 1979. The wood turtle, *Clemmys insculpta* . . . a natural history. *Bulletin of the New York Herpetological Society* 15:9-26.
- Holland, D.C. 1994. *The western pond turtle: habitat and history*. Final report to U.S. Department of Energy. Portland, Oregon, USA.
- Jackson, D.R. & R.T. Zappalorti. 2020. *Pseudemys nelsoni* and *P. rubriventris* Kyphosis and kyphoscoliosis. *Herpetological Review* 51:113-114.
- Legler, J.M. & R.C. Vogt. 2013. *The Turtles of Mexico: Land and Freshwater Forms*. University of California Press, Berkeley, California, USA.
- Löwenborg, K. & M. Hagman. 2017. Scale asymmetries and lateral rib duplication in snakes: correlates and effects on locomotor

- performance. *Biological Journal of the Linnean Society* 120:189-194.
- Lynn, G.W. & M.C. Ullrich. 1950. Experimental production of shell abnormalities in turtles. *Copeia* 1950:253-262.
- Martín-del Campo R., M. F. Calderón-Campuzano, I. Rojas-Leonart, R. Briseño-Dueñas & A. García-Gasca. 2021. Congenital malformations in sea turtles: puzzling interplay between genes and environment. *Animals* 11:444.
- Mendyk, R.W. 2008. Remarks on osteological deformities in a captive-bred emerald tree Monitor, *Varanus prasinus*. *Biawak* 2:72-79.
- Mitchell, J.C., P.V. Lindeman, M. Welc, K. Bosma, G.J. Brown, W. Selman & J.B. Iverson. 2019. *Graptemys flavimaculata*, *G. geographica* and *G. gibbonsi* Kyphosis. *Herpetological Review* 50:353-354.
- Moldowan, P.D., M.G. Keevil, N. Koper, R.J. Brooks & J.D. Litzgus. 2015. Growth, sexual maturity, and reproduction of a female midland painted turtle (*Chrysemys picta marginata*) afflicted with kyphosis. *Chelonian Conservation and Biology* 14:157-160.
- Plymale, H. H., C. G. Jackson & G. Collier. 1978. Kyphosis in *Chrysemys scripta yaquia* (Testudines: Emydidae) and other turtles. *Southwestern Naturalist* 23:457-462.
- Rhodin, A. G., P. H. Pritchard & R. A. Mittermeier. 1984. The incidence of spinal deformities in marine turtles, with notes on the prevalence of kyphosis in Indonesian *Chelonia mydas*. *British Journal of Herpetology* 6:369-373.
- Rothschild, B. 2009. Scientifically rigorous reptile and amphibian osseous pathology. Lessons for forensic herpetology from comparative and paleo-pathology. *Applied Herpetology* 6:47-79.
- Rothschild, B.M., H.P. Schultze & R. Pellegrini. 2013. Osseous and other hard tissue pathologies in turtles and abnormalities of miner deposition. Pp. 501-534. In R.B. Brinkman, P.A. Holroyd & J.D. Gardner (Eds.), *Morphology and Evolution of Turtles*. Springer, New York, USA.
- Selman, W. & R.L. Jones. 2012. Growth in kyphotic ringed sawbacks, *Graptemys oculifera* (Testudines: Emydidae). *Chelonian Conservation and Biology* 11:259-261.
- Telemeco, R.S., D.A. Warner, M.K. Reid & F.J. Janzen. 2013. Extreme developmental temperatures result in morphological abnormalities in painted turtles (*Chrysemys picta*): a climate change perspective. *Integrative Zoology* 8:197-208.
- Trembath, D.F. 2009. Kyphosis of *Emydura macquarii krefftii* (Testudines: Chelidae) from Townsville, Queensland, Australia. *Chelonian Conservation and Biology* 8:94-95.
- Valdeón, A., C. Ayres, V. Rada, A. Bañeres & A. Martínez-Silvestre. 2020. First case of lordosis in a wild-caught European pond turtle (*Emys orbicularis*). *North-Western Journal of Zoology* 16:242-244.
- Valdez-Villavicencio, J.H., A. Peralta-García, P. Galina-Tessaro & B.D. Hollingsworth. 2016. Notes on the reproduction of the southwestern pond turtle *Emys pallida* in Baja California, México. *Revista Mexicana de Herpetología* 2:36-39.
- Wilhoft, D.C. 1980. Kyphosis in the snapping turtle *Chelydra serpentina*. *Bulletin of the New York Herpetological Society* 15:15-26.



SALVADORA INTERMEDIA (SQUAMATA: COLUBRIDAE)

Medardo Arreortúa¹, César Camilo Julián-Caballero² & Angel I. Contreras-Calvario^{1,3*}

¹Instituto 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.

²Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, Hornos 1003, Col. Noche Buena, 71230 Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México

³Herpetario de Veracruz. PIMVS. Veracruz, México.

*Correspondence: acontrerascalvario@gmail.com

Received: 2023-09-02. Accepted: 2023-01-10. Published: 2024-02-07.

Editor: Irene Goyenechea Mayer Goyenechea, México.

The genus *Salvadora* currently includes nine described species. Their range extends from the southwestern United States through Mexico to the Grijalva Depression of Chiapas and extreme western Guatemala (Heimes, 2016; Hernández-Jiménez et al., 2019). Species of *Salvadora* are medium-sized, diurnal snakes, inhabiting a variety of environments from sea level to

over 2,500 m of altitude (Hernández-Jiménez et al., 2019). Within Oaxaca, there are five species of genus *Salvadora* (Mata-Silva et al., 2021): *S. bairdi*, *S. gymnorhachis*, *S. intermedia*, *S. lemniscata*, and *S. mexicana*. The Oaxacan patch-nosed snake, *Salvadora intermedia*, has only been recorded in three states of Mexico: Guerrero, Puebla, and Oaxaca. In Oaxaca, it is distributed in



Figura 1. Especimen de *Salvadora intermedia*, localidad Rancho San Francisco, municipio de Asunción Nochixtlán, Oaxaca (CNAR-RF 959).

Figure 1. Specimen of *Salvadora intermedia*, Locality of Rancho San Francisco, Municipality of Asunción Nochixtlán, Oaxaca (CNAR-RF 959).

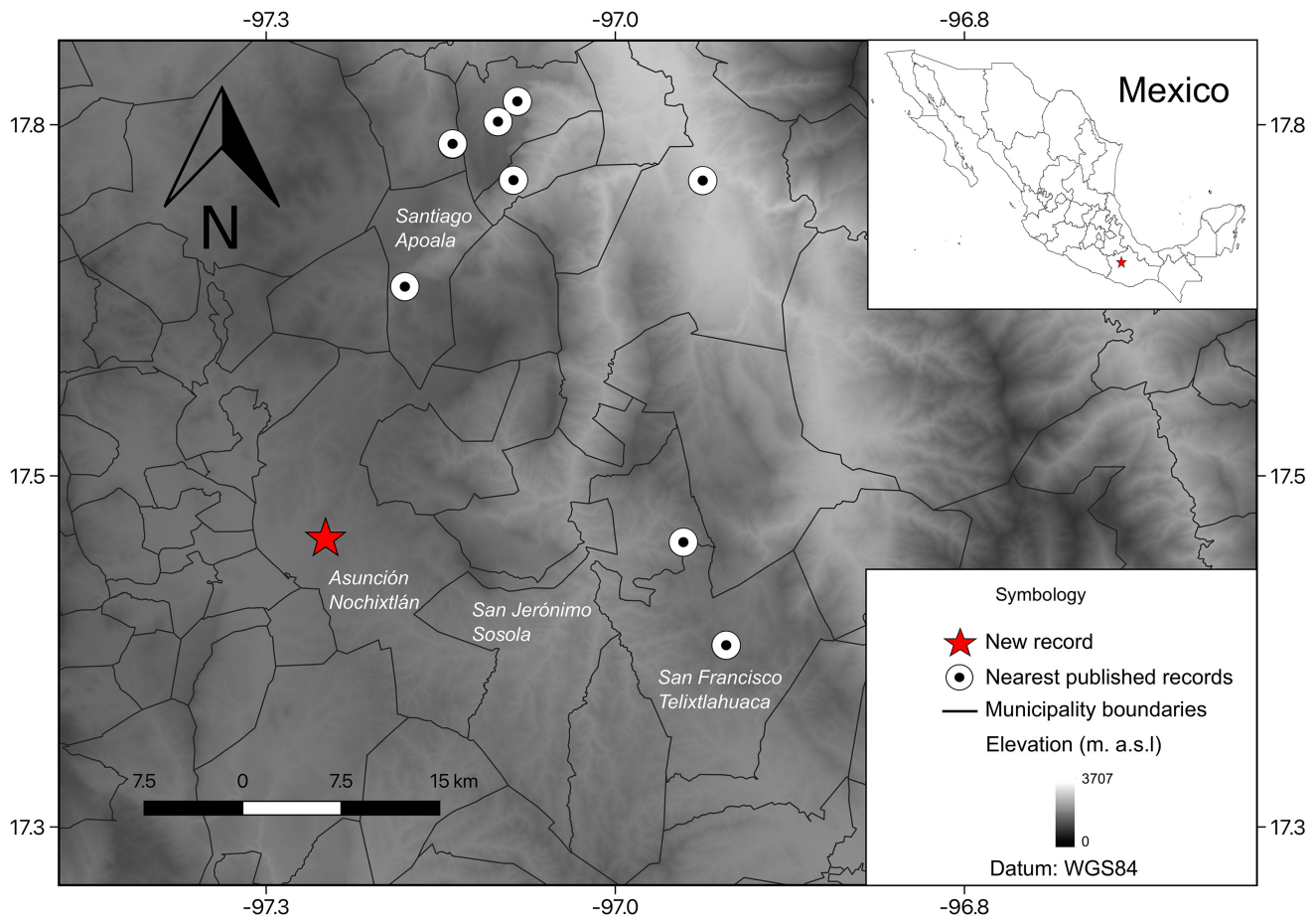


Figura 2. Nuevo registro de *Salvadora intermedia* y los registros publicados (GBIF, 2023) más cercanos del estado de Oaxaca, México.

Figure 2. New record of *Salvadora intermedia* and nearest published records (GBIF, 2023) from the state of Oaxaca, Mexico.

eight of the 12 physiographic regions, with no records in the Depresión del Balsas, Planicie Costera del Golfo, Montañas y Valles del Centro, and Depresión Istmica de Tehuantepec (Mata-Silva et al., 2021). It is considered as Least Concern by the IUCN (Canseco-Marquez et al., 2007) and under special protection (Pr) by Mexican laws NOM-059 (SEMARNAT, 2010). It mainly eats rodents, lizards, small snakes, and reptile eggs (Heimes, 2016). Here, we report the first record of *S. intermedia* in the Municipality of Asunción Nochixtlán in the state of Oaxaca, based on photographic evidence.

México: Oaxaca: Municipality of Asunción Nochixtlán: Locality of Rancho San Francisco (17.456349° N, 97.207185° W; WGS 84; 2,134 m a.s.l.). The individual reported here was found dead (CNAR-RF 959) on November 19, 2023 in a rural area of the community

with xerophytic vegetation interspersed with rainfed agriculture (INEGI, 2018) (Fig. 1). First municipality record in Asunción Nochixtlán (Fig. 2). The nearest vouchered records are 20 km to the northeast of Municipality of Santiago Apoala (Herpetological Collection, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla [EBUAP] 1851) and 27 km east of Municipality of San Jerónimo Sosola (Museo de Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (MZFC 8577-1) (GBIF, 2023). The Oaxacan patch-nosed snake occurs from the Sierra Madre del Sur of Guerrero through the highlands of Oaxaca and adjacent southern Puebla (Heimes, 2016). This snake inhabits pine-oak forest, mesquite-grassland, and desert scrub, ranging at 500 to 2700 m elevation (Heimes, 2016; GBIF, 2023). In the state of Oaxaca, *S. intermedia* has been recorded in four physiographic provinces (Mata-Silva et al., 2021): Fosa de Tehuacán, Montañas

y Valles del Occidente, Sierra Madre de Oaxaca, and Valles Centrales de Oaxaca. The specimen was not collected, but a photographic voucher of the specimen was deposited in the Colección Nacional de Anfibios y Reptiles (CNAR), Instituto de Biología, UNAM. The specimen identification was verified by Víctor H. Jiménez-Arcos. Reporting new records of a particular species increases the knowledge about them, the range of distribution is understood, and helps to understand the processes of colonization of the remaining habitats (Zunino & Zulini 2003). The records for *Salvadora intermedia* increase to 22 for Oaxaca, Mexico (GBIF, 2023). This information is a fundamental part of addressing the ecology of a poorly studied endemic species, which can be used to develop new conservation measures and to fill a gap in its distribution.

Acknowledgements.— To the municipal authorities and Victor H. Jimenez-Arcos for corroborating identification of the species.

CITED LITERATURE

- Canseco-Márquez, L., Campbell, J. A., Ponce-Campos, P., Muñoz-Alonso, A. & García-Aguayo, A. 2007. *Salvadora intermedia*. The IUCN Red List of Threatened Species 2007: e.T63913A12726405. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T63913A12726405.en>. [Accessed on November 2023].
- GBIF. 2023. Global Biodiversity Information Facility occurrence download <https://doi.org/10.15468/dl.4u8df8> [Accessed on November 2023].
- Hernández-Jiménez, C. A., Flores-Villela, O., & Campbell, J. A. 2019. A new species of patch-nosed snake (Colubridae: *Salvadora* Baird and Girard, 1853) from Oaxaca, Mexico. *Zootaxa* 4564: 588-600.
- Heimes, P. 2016. *Herpetofauna Mexicana Vol. 1. Snakes of Mexico*. Edition Chimaira. Frankfurt am Main, Germany.
- Mata-Silva, V., E. García-Padilla, A. Rocha, D.L. DeSantis, J.D. Johnson, A. Ramírez-Bautista & L.D. Wilson. 2021. A reexamination of the herpetofauna of Oaxaca, Mexico: composition update, physiographic distribution, and conservation commentary. *Zootaxa* 4996: 201-252.
- INEGI. 2018. Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación. Escala 1:250 000. Serie VII. Conjunto Nacional. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463842781> [Accessed on November 2023].
- SEMARNAT [Secretaría del 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. Lista de Especies en Riesgo. Diario Oficial de la Federación 2010, México, 77 pp.
- Zunino, M. & A. Zullini. 2003. *Biogeografía: la Dimensión Espacial de la Evolución*. Fondo de Cultura Económica. México City, México.



LYSAPSUS LIMELLUM (ANURA: HYLIDAE): AVIAN PREDATION BY *BUTORIDES STRIATA* (PELECANIFORMES: ARDEIDAE) IN THE PANTANAL WETLAND, BRAZIL

LYSAPSUS LIMELLUM (ANURA: HYLIDAE): DEPREDACIÓN AVIAR POR *BUTORIDES STRIATA* (PELECANIFORMES: ARDEIDAE) EN EL PANTANAL, BRASIL

Caio M. Mello^{1,2,3,4*}, Bruno B. Loureiro¹, Fabrício H. Oda^{1,5}, Elisa S. Monteiro^{1,4}, Henrique Olsen⁶ & Thiago Silva-Soares¹

¹Instituto Últimos Refúgios, Herpeto Capixaba, Rua Amarílio Lunz n. 16, Bairro República, Vitória, Espírito Santo 29070-030, Brazil.

²Instituto Neotropical: Pesquisa e Conservação, Rua Purus n. 33, Curitiba, Paraná 82520-750, Brazil.

³Laboratório de Ecologia e Conservação de Anfíbios do Brasil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - campus Francisco Beltrão, Linha Santa Bárbara s/n, Francisco Beltrão, Paraná 85601-970, Brazil.

⁴Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo 29075-910, Brazil.

⁵Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia, Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Mato Grosso do Sul 79070-900, Brazil.

⁶Rua Porto Calvo, n. 104 201-A, Ipanema, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

*Correspondence: caio.anuros@gmail.com

Received: 2023-08-15. Accepted: 2024-01-16. Published: 2024-02-08.

Editor: Felipe Rabanal, Chile.

Resumen.– La rana arlequín uruguaya *Lysapsus limellum* tiene amplia distribución en América del Sur, donde habita sabanas inundadas abiertas y áreas de selva tropical, y praderas flotantes de grandes ríos. En estos ecosistemas acuáticos, la especie se reproduce durante todo el año. Sin embargo, solo hay dos registros publicados de depredación de esta especie de rana por invertebrados. En esta nota, presentamos el primer registro de depredación de *L. limellum* por la garza estriada "Socozinho" *Butorides striata* en el Pantanal, centro de Brasil.

Palabras clave.– Ave zancuda, centro de Brasil, interacción depredador-presa, rana acuática.

Abstract.– The Uruguay harlequin frog *Lysapsus limellum* is widely distributed in South America, where it inhabits open flooded savannah, rainforest areas, and floating meadows of large rivers. In these aquatic ecosystems, the species has a prolonged breeding season. Nevertheless, its interspecific interactions are poorly known, with only two predation reports by invertebrates. In this note, we present the first record of *L. limellum* preyed upon the Striated heron "Socozinho" *Butorides striata* in the Pantanal Wetland, central Brazil.

Key words.– Aquatic frog, central Brazil, predator-prey interaction, wading bird.

Amphibians are prey to many species of birds (Lopes et al., 2005; Wells, 2007). Wading birds such as herons, egrets and bitterns are among the most important non-passerine birds that prey on amphibians (Hancock & Kushlan, 1984). The Striated heron *Butorides striata* is a small-sized and cosmopolitan species comprising 28 sub-species distributed throughout South America, Africa, Madagascar, Indian Ocean islands, southern and eastern Asia, the East Indies, Australia, and Pacific Ocean islands (Hancock & Kushlan, 1984; Kushlan & Hancock, 2005; Martínez-Vilalta et al., 2020; HeronConservation, 2023). They

can be found in a variety of freshwater and marine habitats (Hancock & Kushlan, 1984; del Hoyo et al., 1992; Kushlan & Hancock, 2005). These herons feed primarily on fish, but they also consume amphibians, insects, spiders, leeches, crustaceans, mollusks, earthworms, polychaete worms, birds, small reptiles, and mice (del Hoyo et al., 1992; Kushlan & Hancock, 2005).

Lysapsus commonly known as the Harlequin frogs are represented by small-sized aquatic species widely distributed in South America, occurring in southwestern Guyana and

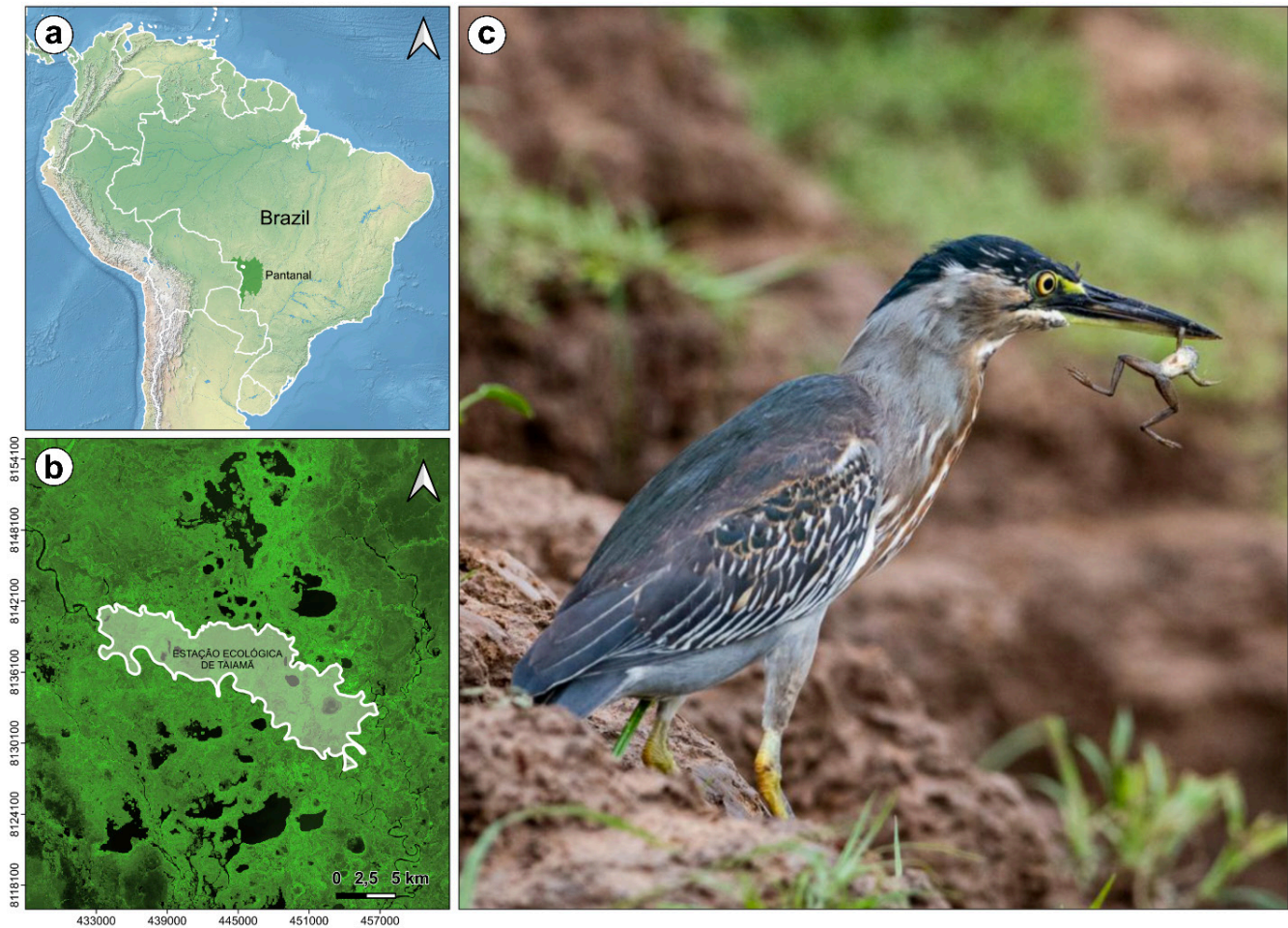


Figura 1. Registro de depredación de *Butorides striata* sobre *Lysapsus limellum*. A-B. Ubicación de la Estação Ecológica de Taiamã (ESEC Taiamã) en el Pantanal, municipio de Cáceres, estado de Mato Grosso, centro de Brasil. C. *B. striata* adulta sosteniendo un individuo adulto de *L. limellum* en el borde de una laguna. Mapa: Fabrício H. Oda. Foto: Henrique Olsen.

Figure 1. Predation record of *Butorides striata* on *Lysapsus limellum*. A-B. Location of the Estação Ecológica de Taiamã (ESEC Taiamã) in the Pantanal, municipality of Cáceres, state of Mato Grosso, central Brazil. C) Adult *B. striata* holding an adult individual of *L. limellum* at the border of a lagoon. Map: Fabrício H. Oda. Photo: Henrique Olsen

adjacent northern to southern Brazil, respectively, Uruguay, Paraguay, Bolivia, and northern Argentina (Frost, 2023). This genus comprises four valid species: *L. bolivianus* Gallardo, 1961, *L. caraya* Gallardo, 1964, *L. laevis* (Parker, 1935) and *L. limellum* Cope, 1862. The Uruguay harlequin frog, *L. limellum* has diurnal and nocturnal activity and is associated with aquatic macrophytes in open flooded savannah and rainforest areas, and floating meadows of large rivers (Prado & Uetanabaro, 2000; Lavilla et al., 2004). It is distributed in northwestern Uruguay, Paraguay, Bolivia, and northern Argentina (Weiler et al., 2013; Laufer et al., 2021; Frost, 2023). In Brazil, it occurs in the states of Pará, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, and Paraná (Prado & Uetanabaro,

2000; Affonso et al., 2014; Ávila et al., 2021; Cassundé et al., 2022).

Lysapsus limellum is a common species in the Pantanal Wetland, where it breeds throughout the year (Prado & Uetanabaro, 2000; Lavilla et al., 2004). Nevertheless, there are only two predation records by invertebrates on *L. limellum* (Landgref Filho et al., 2019). Here, we report the predation of *L. limellum* by the Striated heron "Socozinho" *Butorides striata* in the Pantanal Wetland, central Brazil (Fig. 1A-B). The predation record on *L. limellum* was obtained from an occasional observation during bird watching at the Estação Ecológica de Taiamã (21K 445639.03 m E, 8135971.32

m S, Datum SIRGAS2000, between 93 m and 118 m a.s.l.), located in the Pantanal Wetland, municipality of Cáceres, state of Mato Grosso, central Brazil. On 12 January 2023, Henrique Olsen observed an adult *B. striata* walking near the border of a lagoon in active-search. In two minutes of observation, suddenly the bird beaked amongst the water plants bringing captured in its beak an adult individual of *L. limellum* (Fig. 1C), identified by the presence of dark stripe on the inner surface of the thighs (de Lema & Martins, 2011). After this, the bird swallowed the anuran.

Heron are diurnal and visually oriented predators specialized in consuming fish, but feed on anurans with regularity, being considered convenience predators (Toledo et al., 2007). A review on predators of Neotropical aquatic frogs has shown that Wading birds accounted for 90% of the predation events among the diurnal predators of these anurans (Landgraf Filho et al., 2019). In the Pantanal, Wading birds forage in environments inhabited by aquatic frogs such as *Pseudis platensis* and *Lysapsus limellum* (Prado, 2003; Landgraf Filho et al., 2019). Therefore, predator-prey interaction between them is likely to occur. However, there are only two published predation reports involving *L. limellum* as prey: one by a Giant water bug (Belostomatidae) and another by a Wolf spider (Lycosidae) (Garda et al., 2007).

Hence, to our knowledge, we not only report the first record of *L. limellum* being preyed by the Striated heron "Socozinho" *Butorides striata*, but also the first record of a bird and a vertebrate as a potential predator of *L. limellum*. This shows that, even though *L. limellum* is common and widely distributed species, little is known about its interspecific interactions. The description of this predation event here, contributes to the reduction of Eltonian shortfall (Hortal et al., 2015), since we are providing knowledge about interactions among species. Moreover, given that *L. limellum* is an aquatic species inhabitant of water bodies margins, it remains unknown whether its primary predators would be aquatic birds, such as Striated heron "Socozinho", invertebrates or even aquatic snakes.

Acknowledgements.– This work is part of the projects: 'Biotrips: science in biological tourism across the Brazilian biomes' and 'Herpeto Capixaba: for the knowledge and conservation of amphibians and reptiles of Brazil'. Visiting researcher grant by UFMS/CAPES/FUNDECT to FHO (grant processes no. 23104.025114/2022-13 and 23104.024938/2023-57). We thank Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (EDITAL FAPES Nº 03/2021 - UNIVERSAL #437/2021).

CITED LITERATURE

- Afonso, I.P., E.G. Cafoto, R.L. Delariva, F.H. Oda, L.C. Karling & R. Lourenço-de-Moraes. 2014. List of anurans (Amphibia: Anura) from the rural zone of the municipality of Maringá, Paraná state, southern Brazil. *Check List* 10:878-882.
- Ávila, R.W., D.H. Morais, F. Maffei, A. Pansonato, R.A. Kawashita-Ribeiro, D.J. Rodrigues & C. Strüßmann. 2021. Herpetofauna de Mato Grosso – Anfíbios. Editora CRV, Curitiba, Paraná, BRA.
- Cassundé, G.F., M.J. Sturaro, A.O. Maciel, A.L.C. Prudente, J.F.M. Sarmiento & P. Peloso. 2022. Os anfíbios do Pará, Brasil. *Boletim Do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais* 17:445-473.
- del Hoyo, J., A. Elliott & J. Sargatal. 1992. *Handbook of the Birds of the World*. Copyright Lynx Edicions, Barcelona, Barcelona, SPA.
- de Lema, T. & Martins, L.A. 2011. Anfíbios do Rio Grande do Sul: catálogo, diagnoses, distribuição, iconografia. Edipucrs, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, BRA.
- Frost, D.R. 2023. *Amphibian Species of the World: An Online Reference*. Version 6.2. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA [Accessed in 26 Jun 2023].
- Garda, A.A., G.C. Costa, F.G.R. França & D.O. Mesquita. 2007. Ecology of *Lysapsus limellum* in the Brazilian Amazon river basin. *Herpetological Journal* 17:141-148.
- Hancock, J. & J.A. Kushlan. 1984. *The Herons Handbook*. Harper & Row, New York, New York, USA.
- HeronConservation. 2023. Striated Heron *Butorides striata* (Linnaeus). <https://www.heronconservation.org/herons-of-the-world/list-of-herons/striated-heron/> [Accessed in 23 June 2023].
- Hortal, J., de Bello, F., Diniz-Filho, J.A.F., Lewinsohn, T.M., Lobo, J.M. & Ladle, R.J. 2015. Seven shortfalls that beset large-scale knowledge of biodiversity. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 46:523-549.
- Kushlan, J.A., & J.A. Hancock. 2005. *The Herons*. Oxford University Press, Oxford, Oxfordshire, ENG.
- Landgraf Filho, P., A. Aoki, D.L.H. Sousa, E.O. Souza, R.A. Brandão, R.W. Ávila & F.H. Oda. 2019. Escape or be preyed: new records and current knowledge on predators of Pseudinae frogs (Anura):



- Hylidae) in South America. *Acta Biológica Colombiana* 224:397-402.
- Laufer, G., N. Gobel, N. Kacevas, I. Lado, S. Cortizas, M. Carabio, D. Arrieta, C. Prigioni, C. Borteiro & F. Kolenc. 2021. Updating the distributions of four Uruguayan hylids (Anura: Hylidae): recent expansions or lack of sampling effort? *Amphibian and Reptile Conservation* 15:228-237.
- Lavilla, E., S. Reichle, R. Lajmanovich & J. Faivovich. 2004. *Lysapsus limellum*. The IUCN Red List of Threatened Species 2004: e.T55764A11362085. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2004.RLTS.T55764A11362085.en>. [Accessed on 26 June 2023].
- Lopes, L.E., A.M. Fernandes & M.Â. Marini. 2005. Predation on vertebrates by Neotropical passerine birds. *Lundiana* 6:57-66.
- Martínez-Vilalta, A., A. Motis, D.A. Christie & G.M. Kirwan. 2020. Striated Heron (*Butorides striata*), version 1.0. <https://doi.org/10.2173/bow.strher.01> [Accessed on 26 June 2023].
- Prado, C.P.A. 2003. *Leptodactylus chaquensis* (NCN), *Pseudis paradoxa* (Paradox Frog), and *Phrynohyas venulosa* (Veined Treefrog). Predation. *Herpetological Review* 34:231-232.
- Prado, C.P.A. & U. Uetanabaro. 2000. Reproductive biology of *Lysapsus limellus* Cope, 1862 (Anura, Pseudidae) in the Pantanal, Brazil. *Zoocriaderos* 3:25-30.
- 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.
- Weiler, A., K. Núñez, K. Airdi, E. Lavilla, S. Peris & D. Baldo. 2013. Anfibios del Paraguay. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción – Universidad de Salamanca. San Lorenzo, Paraguay.
- Wells K.D. 2007. *The Ecology and Behavior of Amphibians*. Chicago University Press, Chicago, Illinois, USA.



FIRST RECORD OF THE MEXICAN CAECILIAN, *DERMOPHIS MEXICANUS* (DERMOPHIIDAE), IN COSTA RICA

PRIMER REGISTRO DE LA CECILIA MEXICANA, *DERMOPHIS MEXICANUS* (DERMOPHIIDAE), EN COSTA RICA

Juan Pinto¹, Gerardo Chávez^{2,3}, Erick Arias^{2,3,4} & Juan G. Abarca^{5,6*}

¹Iguana Divers, Cóbano, Puntarenas, Costa Rica.

²Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San Pedro, 11501-2060 San José, Costa Rica.

³Museo de Zoología, Centro de Investigaciones en Biodiversidad y Ecología Tropical, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

⁴Departamento de Zoología, Instituto de Biología, UNAM, AP 70-153 Ciudad Universitaria, CP 04510, Ciudad de México, México.

⁵Tlaloc Conservation, Costa Rica Wildlife Foundation.

⁶Unidad de Microbiología Médico Veterinaria, Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA), Heredia, Costa Rica.

*Correspondence: barcazajua@gmail.com

Received: 2023-10-12. Accepted: 2023-01-09. Published: 2024-02-08.

Editor: Sean Rovito, México.

The genus *Dermophis* (Peters, 1879), contains seven currently recognized species of caecilians (*D. costaricense*, *D. glandulosus*, *D. gracilior*, *D. mexicanus*, *D. oaxacae*, *D. occidentalis*, and *D. parviceps*) within Dermophiidae. The genus is a Mesoamerican group, distributed from southern Mexico to northwestern Colombia (Wilkinson et al., 2011; Frost, 2023). The members of *Dermophis* are medium-sized and relatively robust caecilians that share two diagnostic features: the eyes are not covered by bone (and are thus visible) and each tentacle is located between the eye and the nostril (Savage & Wake, 2001; Savage, 2002). Very little is known about the biology of this secretive group of amphibians; all known species are fossorial and uncommon or rarely seen (Savage, 2002).

Savage and Wake (2001) recognized the presence of five species of the genus *Dermophis* in Costa Rica (*D. costaricense*, *D. glandulosus*, *D. gracilior*, *D. occidentalis*, and *D. parviceps*). *Dermophis oaxacae* is endemic to Mexico, while *D. mexicanus* was delineated to those populations from the Isthmus of Tehuantepec, Mexico to the Pacific slope of Nicaragua (Savage & Wake, 2001; Savage, 2002, AmphibiaWeb, 2023). Currently, the known distribution of *Dermophis mexicanus* includes the Atlantic slope of southeastern Mexico, eastern Guatemala and northwestern Honduras. It also occurs discontinuously on the Pacific slope from Oaxaca, Mexico, through Guatemala, El Salvador, and Honduras to central Nicaragua, from sea level to 2,000 m a.s.l. (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2020). This species is present in dry forests and savanna, inhabits humid to dry soils beneath forest but is adaptable to secondary habitats, such as coffee, sugar o banana plantations (Sunyer, 2009).

On 01 August 2022, a dark, robust, large caecilian (44 cm) was found dead on the road after a night of heavy rains in front of a small patch of sugar cane (*Saccharum officinarum*) plantation in the town of Las Delicias de Cobano, province of Puntarenas (9°39'20" N, 85°06'12" W; WGS 84; 200 m a.s.l.; Fig. 1). The specimen was collected under permits provided by the Sistema Nacional de Areas de Conservacion (permit R-SINAC-SE-DT-PI-007-2022) and the voucher specimen (UCR 23946) was deposited in the Herpetology Collection of the Museo de Zoología, Universidad de Costa Rica (<https://museo.ucr.ac.cr/>). We reviewed the phenotypic characteristics and conducted an analysis of the 16S rRNA (16S) and cytochrome b (cyt b) mitochondrial genes of that specimen to corroborate its identity.

For the voucher specimen we obtained partial sequences of the large subunit ribosomal RNA (16S) and cytochrome b (cytb) mitochondrial genes. The primers 16Sar and 16Sbr (Palumbi et al., 1991) were used for 16S and MVZ15 and MVZ16 (Moritz et al., 1992) for cyt b. The protocols for DNA extraction, amplification, sequencing, and editing followed methods of Arias & Kubicki (2018). We compared the DNA sequences obtained from the voucher specimen with all the 16S and cyt b sequences available on GenBank for members of the genus *Dermophis*. We used a sequence of *Caecilia volceni* as outgroup following Kubicki and Arias (2017). We analyzed concatenated mtDNA using Maximum Likelihood (ML) with Garli 2.01 (Zwickl 2006) and Bayesian phylogenetic analysis with MrBayes 3.2.6 (Ronquist et al., 2012), run on the CIPRES portal (Miller et al., 2010). Detailed protocols for alignment, search of best partition scheme, the best model of sequence evolution for each partition, and phylogenetic

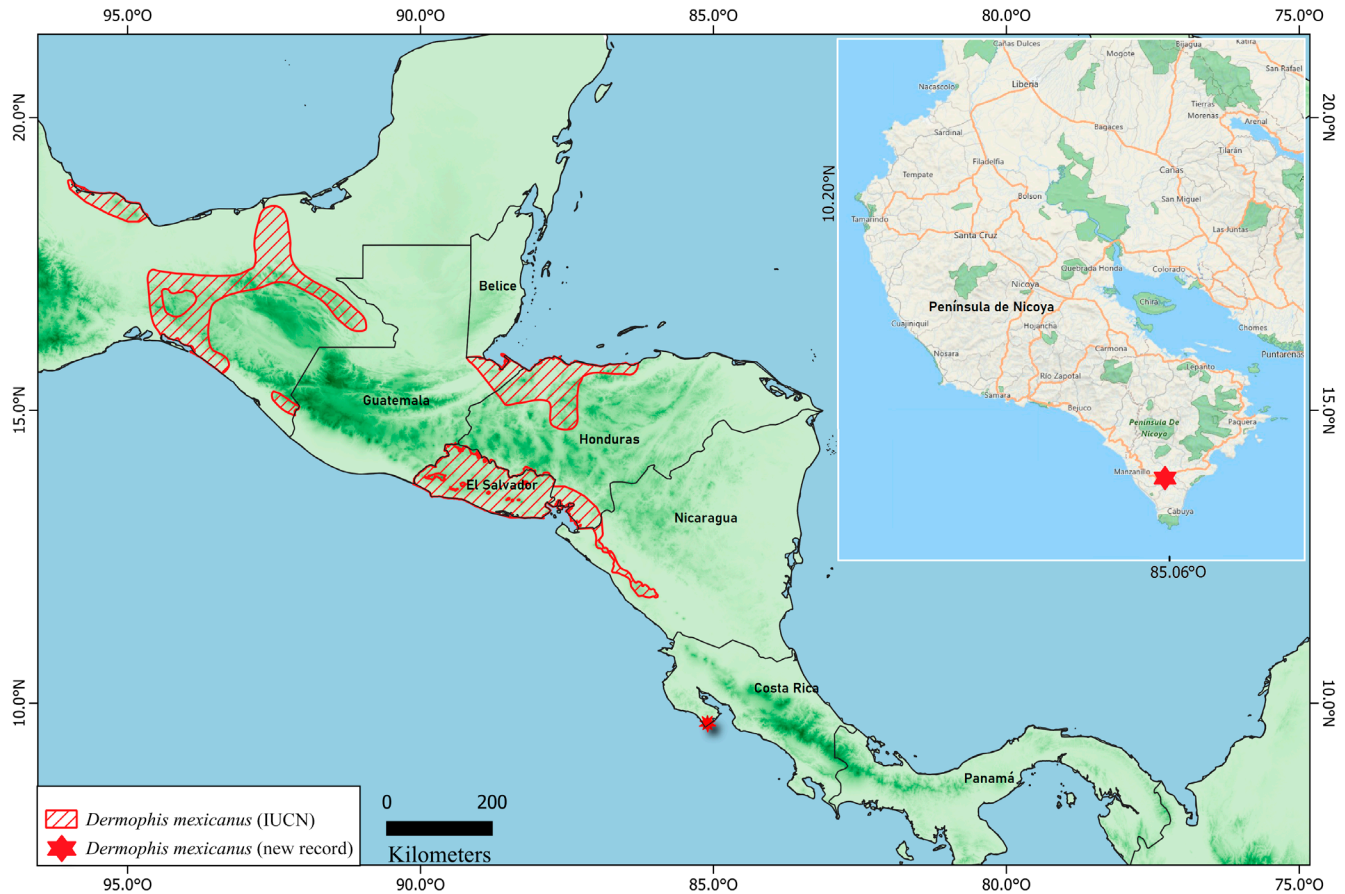


Figura 1. Distribución geográfica conocida de *Dermophis mexicanus* (sombra roja), incluido el nuevo registro en Las Delicias, Puntarenas, Costa Rica (estrella roja). Fuente: Lista Roja de la IUCN, descarga de datos el 20 de septiembre de 2022. <https://www.iucnredlist.org/species/59545/53988419>

Figure 1. Known geographic distribution of *Dermophis mexicanus* (red striped pattern), including the new record from Las Delicias, Puntarenas, Costa Rica (red star). Source: The IUCN Red List, data download on 2022-09-20. <https://www.iucnredlist.org/species/59545/53988419>

inference using Garli and MrBayes are provided by Arias et al. (2019). The sequences obtained are available under GenBank accession numbers PPO69939 and PPO70415.

The resulting data matrix had a total sequence length of 1329 bp, including gaps; 545 bp for 16S, and 784 for cyt b. Three partitions were identified with the following substitution models: GTR+I for 16S + cyt b codon position 2, HKY+I for codon position 1 of cyt b, and HKY for cyt b codon position 3. The phylogenies from Garli and MrBayes were almost identical in topology (Fig. 2). The phylogeny showed the voucher specimen to be conspecific with *Dermophis mexicanus*, confirming the presence of this taxon in Costa Rica.

The voucher specimen closely matched the diagnostic characters provided by Savage and Wake (2001) for *Dermophis*

mexicanus. Specifically, the voucher specimen agrees with the following characters: tentacle lying about halfway between eye and nostril; externally visible eye (Fig. 3); annular grooves marked with dark pigment ventrally, sharply contrasting with lighter venter (Fig. 4) and counts of primary (99) and secondary folds (50).

No previous reports had placed the species in Costa Rica, with the nearest reliable record found on Volcán Mombacho National Reserve, Depto. Granada, Nicaragua (Spencer, 2022), approximately 260 km northwest of Las Delicias de Cobano (Fig. 1). Las Delicias de Cobano occurs in the Tropical lowland moist forest life zone (Holdridge, 1967), is bordered by the Tropical dry forest to the north and is flanked by the Pacific Ocean on all other sides. The presence of *D. mexicanus* in this area may be explained because this species can survive drier environments, such as the

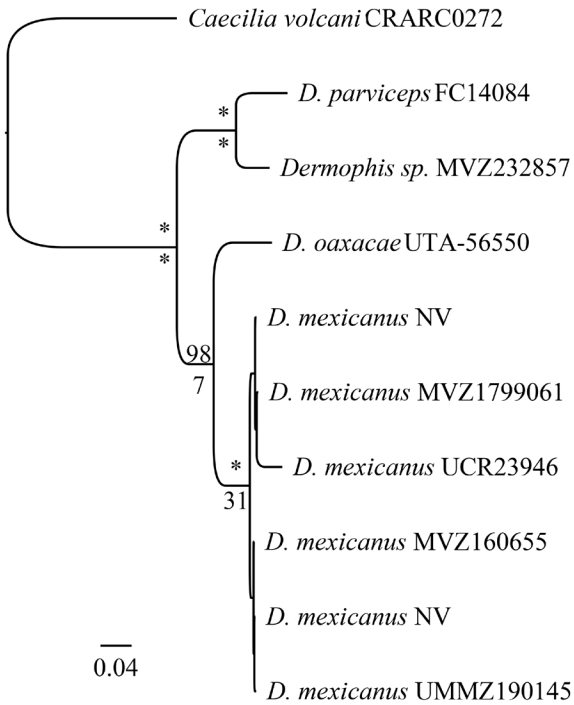


Figure 2. Inferencia filogenética bayesiana mostrando la relación del espécimen costarricense de *Dermophis mexicanus* (UCR23946) entre miembros del género *Dermophis* basándose en los fragmentos de los genes de ADN mitocondrial 16S y cyt b. Probabilidades posteriores (multiplicadas por 100) del análisis de MrBayes se muestran arriba de las ramas. Las proporciones de Bootstraps se muestran debajo de las ramas. La barra de escala se refiere a las sustituciones estimadas por sitio. Los asteriscos representan un soporte de 100. N.V. = sin voucher.

Figure 2. Bayesian phylogenetic inference shows the relationship of the Costa Rican specimen of *Dermophis mexicanus* (UCR23946) among members of the genus *Dermophis* based on the 16S and cyt b mitochondrial DNA gene fragments. Posterior probabilities (multiplied by 100) from MrBayes analysis are shown above branches. Bootstraps proportions are shown below branches. The scale bar refers to the estimated substitutions per site. The asterisks represent support of 100. N.V. = no voucher.

dry forest and savannas found in Nicaragua and northwestern Costa Rica (Sunyer, 2009). Savage (2002) suggested that absence of caecilians in Nicoya Peninsula might be explained by the lack of rainforest, however, it is possible that other species of caecilians might occur in this region in low densities, inhabiting humid patches inside dry areas.



Figura 3. Ejemplar de Cecilia mexicana (*Dermophis mexicanus*) de Las Delicias, Distrito de Cóbano, Cantón de Puntarenas, Provincia de Puntarenas, Costa Rica. (A) Vista ventral (B) vista dorsal (C) vista lateral de la cabeza (D) tamaño total. Fotografías de Juan G. Abarca (A,B) y Juan Pinto (C,D).

Figure 3. A specimen of the Mexican caecilian (*Dermophis mexicanus*) from Las Delicias, Distrito de Cóbano, Cantón de Puntarenas, Provincia de Puntarenas, Costa Rica. (A) Ventral view (B) dorsal view (C) lateral view of the head (D) total size. Photographs by Juan G. Abarca (A,B) and Juan Pinto (C,D).

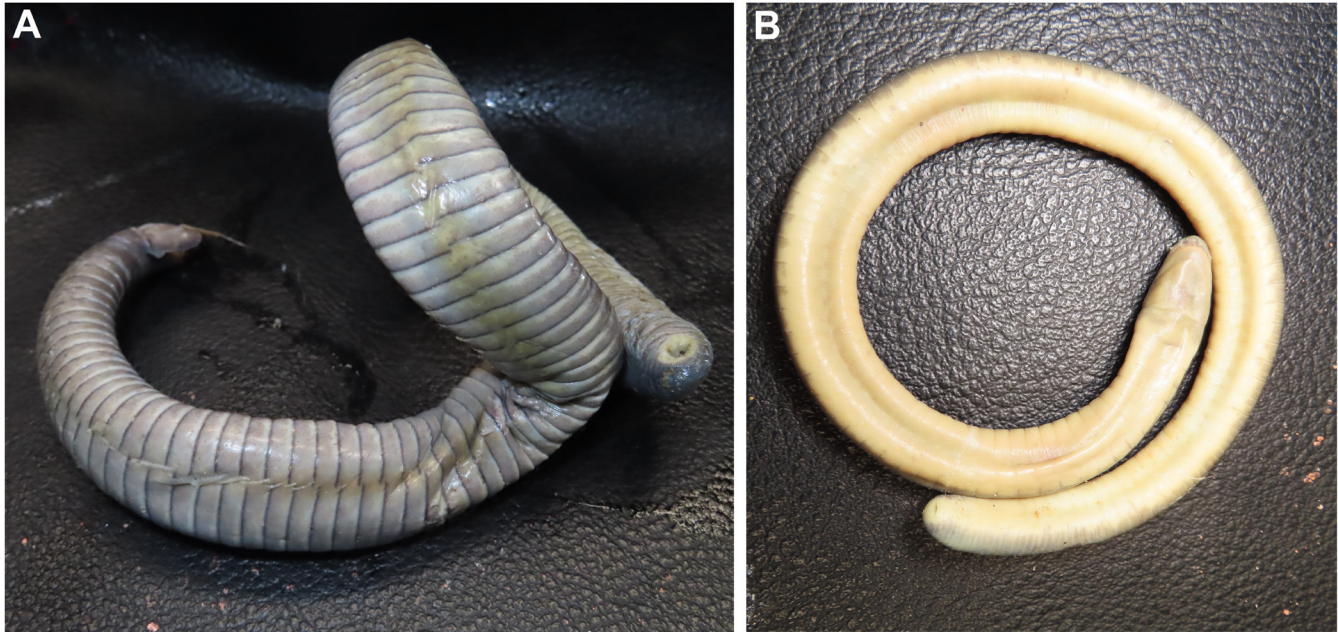


Figura 4. Detalle del vientre en especies del género *Dermophis*. A) *Dermophis mexicanus*, nótese los surcos anulares marcados con pigmento oscuro ventralmente B) *Dermophis glandulosus*, los surcos anulares no contrastan en color con el vientre más claro. Fotografías de Juan G. Abarca.

Figure 4. Detail of the belly in species of the genus *Dermophis*. A) *Dermophis mexicanus*, note the annular grooves marked with dark pigment ventrally B) *Dermophis glandulosus*, annular grooves not contrasting in color with lighter venter. Photographs by Juan G. Abarca.

The Nicoya Peninsula has suffered the loss of dry and humid forests for many centuries, mainly due to their conversion to pastures for cattle (Hilje et al., 2022). However, in the current century the country's economic model has focused on ecotourism, improving the conditions of natural ecosystems, and potentially allowing the growth of populations of rare species such as *D. mexicanus*. In Costa Rica, the Nicoya Peninsula, together with the North Caribbean zone and the Cordillera de Talamanca, remains highly unexplored in terms of biodiversity and more efforts are needed to quantify biodiversity in those regions.

CITED LITERATURE

- AmphibiaWeb. 2023. AmphibiaWeb: Information on Amphibian Biology and Conservation [web application]. https://amphibiaweb.org/cgi/amphib_query?where-scientific_name=Dermophis&rel-scientific_name=contains&include_synonymies=Yes Berkeley, California. [Consulted in 23 September 2023]
- Arias, E & B. Kubicki. 2018. A new moss salamander, genus *Nototriton* (Caudata: Plethodontidae), from the Cordillera de Talamanca, in the Costa Rica-Panama border region. *Zootaxa* 4369:487-500.
- Arias, E., A. Hertz & G. Parra-Olea. 2019. Taxonomic assessment of *Craugastor podiciferus* (Anura: Craugastoridae) in lower Central America with the description of two new species. *Amphibian & Reptile Conservation* 13:173-197.
- Frost, D.R. 2023. Amphibian Species of the World: An Online Reference. Version 6.1. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/Amphibia/Gymnophiona/Dermophiidae/Dermophis>. American Museum of Natural History, New York, USA. [Consulted in 23 September 2023]
- Hilje, L, R.F. Arias, B. Hilje, & W. Solórzano. 2022. Santa Rosa, Paraje de Diversidad y Escenario de Libertad. Editorial UTM. San José, Costa Rica.
- Holdridge, L.R. 1967. Life Zone Ecology. Tropical Science Center, San José, Costa Rica, 206 pp.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2020. *Dermophis mexicanus*. <https://www.iucnredlist.org/species/59545/53988419> The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T59545A53988419. [Consulted in 13 September 2023]

- Kubicki, B. & E. Arias. 2017. Vulcan's slender caecilian, *Caecilia volcani*, Costa Rica. *Mesoamerican Herpetology* 4:488-492.
- Miller M.A., W. Pfeiffer & T. Schwartz. 2010. Creating the CIPRES Science Gateway for inference of large phylogenetic trees. Proceedings of the Gateway Computing Environments Workshop November 2010:1-8.
- Moritz, C., C.J. Schneider & D.B. Wake. 1992. Evolutionary relationships within the *Ensatina eschscholtzii* complex confirm the ring species interpretation. *Systematic Biology* 41:273-291.
- Palumbi, S., A. Martin, S. Romano, W.O. McMillan, L. Stice & G. Grabowski. 1991. The simple fool's guide to PCR, version 2.0. Special Publication, Department of Zoology and Kewalo Marine Laboratory, University of Hawaii, Honolulu, Hawaii, USA.
- Ronquist, F., M. Teslenko, P. Van Der Mark, D.L. Ayres, A. Darling, S. Höhna, B. Larget, L. Liu, M. Suchard & J.P. Huelsenbeck. 2012. MrBayes 3.2: efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. *Systematic Biology* 61:539-542.
- Savage J.M. 2002. The Amphibians and Reptiles of Costa Rica. A Herpetofauna Between Two Continents, Between Two Seas. The University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Savage J.M. & M.H. Wake. 2001. Reevaluation of the status of taxa of Central American caecilians (Amphibia: Gymnophiona), with comments on their origin and evolution. *Copeia* 2001:52-64.
- Sunyer, J. 2009. Taxonomy, zoogeography, and conservation of the herpetofauna of Nicaragua. Department of Biology, Goethe University, Frankfurt am Main, Germany.
- Wilkinson, M., D. San Mauro, E. Sherratt, & D.J. Gower. 2011. A nine-family classification of caecilians (Amphibia: Gymnophiona). *Zootaxa* 2874:41-64.
- Zwickl, D.J. 2006. Genetic algorithm approaches for the phylogenetic analysis of large biological sequence datasets under the maximum likelihood criterion. Ph.D. Dissertation, The University of Texas, Austin, Texas, USA. 125 p.



INDOTYPHLOPS BRAMINUS (TYPHLOPIDAE)

Erika Adriana Reyes-Velázquez^{1,2}, Aldo Gómez-Benitez^{1,2*} & Oswaldo Hernández-Gallegos¹

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

²Red de Investigación y Divulgación de Anfibios y Reptiles MX, Toluca de Lerdo, Estado de México, México.

*Correspondence: gobeal940814@gmail.com

Received: 2023-09-02. Accepted: 2024-01-16. Published: 2024-02-13.

Editor: Uri Omar García Vázquez, México.

Indotyphlops braminus (Daudin, 1803), es una serpiente exótica introducida en México de talla pequeña que alcanza una LHC de 130 a 170 mm (Wall, 1921) originaria del sureste de India (Wallach et al., 2014). Es una serpiente fosorial, es decir, habita generalmente enterrada en el suelo y entre la hojarasca (Álvarez-Romero et al., 2008; Zamora-Camacho, 2017). Además, es la

única especie de serpiente partenogénica obligada conocida (Jorger et al., 2008; Vitt & Caldwell, 2013; Booth & Schuett, 2015), lo que ha promovido su clasificación como especie exótica. Se encuentra ampliamente distribuida por el mundo, y es difícil discernir con precisión cómo llegó a México. Probablemente llegó durante el siglo XVI a través del comercio marítimo entre

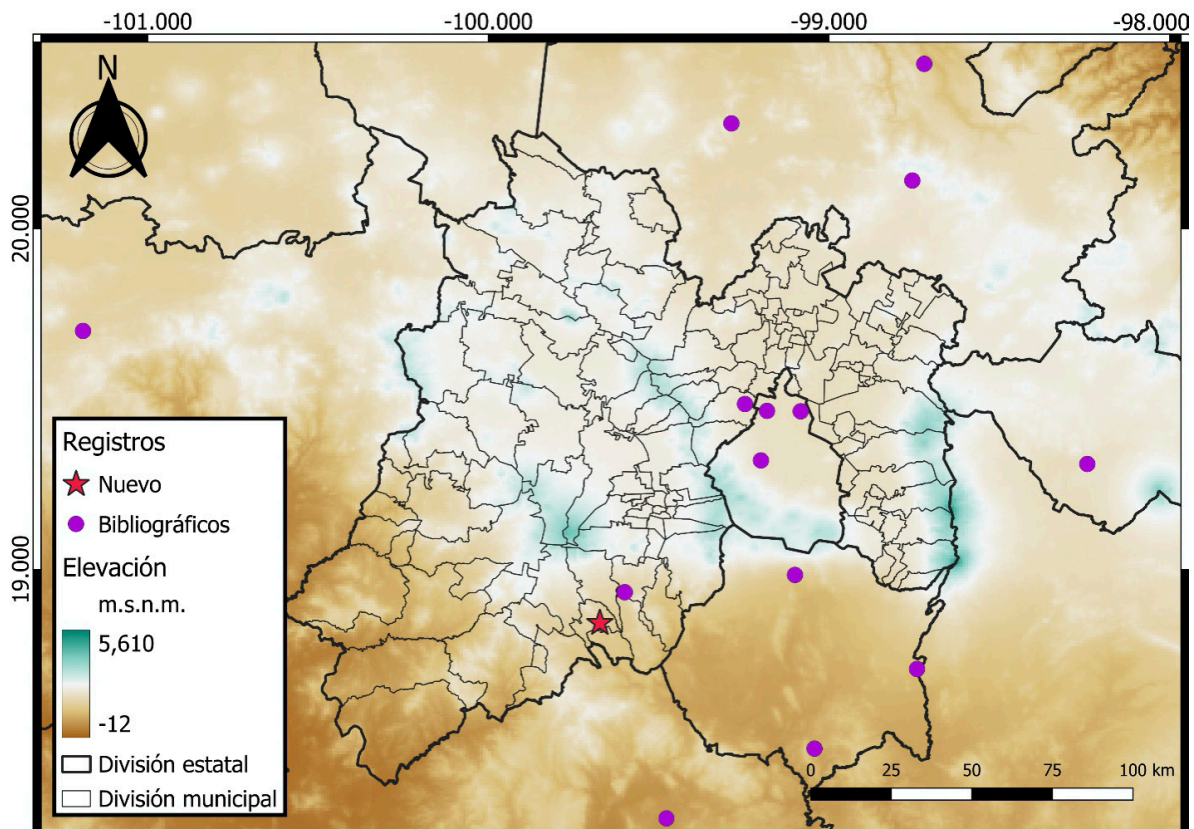


Figure 1. New record of *Indotyphlops braminus* in Ixtapan de la Sal and previous records. (De la Torre-Loranca et al., 2000; González-Sánchez et al., 2021; GBIF.org, 2023).

Figura 1. Nuevo registro de *Indotyphlops braminus* en Ixtapan de la Sal y registros previos. (De la Torre-Loranca et al., 2000; González-Sánchez et al., 2021; GBIF.org, 2023).





Figure 1. *Indotyphlops braminus* individual from the municipality of Ixtapan de la Sal, State of Mexico, Mexico. Dorsal view (A; CFH 33) and ventral view (B; CFH 34).

Figura 1. Individuo de *Indotyphlops braminus* del municipio de Ixtapan de la Sal, Estado de México, México. Vista dorsal (A; CFH 33) y ventral (B; CFH 34).

Filipinas y la Nueva España, oculta entre las raíces de plantas transportadas con fines ornamentales y agrícolas a bordo de los barcos (Álvarez-Romero et al., 2008; Zamora-Camacho, 2017). Actualmente se ha registrado en casi todos los estados de la República Mexicana, excepto en Baja California, Coahuila, Colima, y Tabasco (Uetz et al., 2021; GBIF.org, 2023), pues tiene una gran capacidad para extender su rango de distribución geográfica (Álvarez-Romero et al., 2008). En el Estado de México, existen dos registros previos: uno del año de 1997 en el Mercado de las Flores del municipio de Tenancingo (De la Torre-Loranca et al., 2000; GBIF.org, 2023; ejemplar depositado en la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles del Instituto de

Biología, Universidad Nacional Autónoma de México [CNAR 11307]), y el otro reportado por González-Sánchez et al. (2021) en el municipio de Naucalpan. En la presente nota damos a conocer un nuevo registro de *I. braminus* para el Estado de México, en el municipio de Ixtapan de la Sal.

El 10 de octubre de 2022 en Ixtapan de la Sal (18.843055° N, 99.673055° W; WGS 84; 1,877 m s.n.m.; Fig. 1), Estado de México, México, un individuo de la especie exótica, *I. braminus* (Fig. 2), fue avistado por AGB al interior de un sanitario en una casa habitación, en la zona urbanizada de la cabecera municipal de Ixtapan de la Sal a las 20:30 horas. El individuo mostraba una

evidente dificultad para desplazarse sobre las baldosas. La única vía de acceso posible para la serpiente se encuentra en el jardín de dicha casa, el cual fue abastecido con tierra dos años antes (previamente solo había una superficie de concreto), por lo tanto, es posible que el individuo de *I. braminus* llegara con la tierra y habitara el jardín desde entonces. El individuo medía 11.5 cm de LHC, y dado que la especie es partenogenética, se trataba de una hembra. El primer mecanismo de defensa que presentó la serpiente fue tratar de huir, al ser capturada para su identificación y posterior reubicación, esta recurrió a usar la escama modificada en forma de “punta afilada” al final de su cola para picar repetidamente la mano de uno de los autores, y finalmente, liberar almizcle. Se tomaron fotografías (Fig. 2 A y B) del ejemplar y posteriormente se liberó, en el jardín, donde se enterró apenas se colocó sobre el pasto. Las fotografías del ejemplar (CFH 33-CFH 34) se depositaron en la Colección Fotográfica de Herpetología, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. La determinación del ejemplar fue verificada por el M. en C. Ricardo Palacios-Aguilar quien se basó en la presencia de glándulas sebáceas en las escamas rostrales para su correcta identificación.

El presente registro amplía la distribución de *I. braminus* hacia la zona sur del Estado de México (Fig. 1), específicamente 12.641 km del registro histórico más cercano, en el municipio de Tenancingo, Estado de México (De la Torre-Loranca et al., 2000). Es importante generar información sobre la distribución y presencia de las poblaciones de esta especie exótica con el fin de establecer estrategias adecuadas de control biológico y conservación de las especies autóctonas que cohabiten con esta serpiente, ya que *I. braminus* es una especie de fácil expansión y una probable competidora para otras especies fosoriales.

Agradecimientos.- Al M. en C. Ricardo Palacios Aguilar por verificar la identidad de la especie y a CONAHCyT por la beca de Maestría de Erika Adriana Reyes-Velázquez.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Romero, J.G., R.A. Medellín, A. Oliveras de Ita, H. Gómez de Silva & O. Sánchez. 2008. Animales Exóticos en México: Una Amenaza para la Biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Ecología, UNAM, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. D.F., México.
- 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, Isla de Francia, 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.
- GBIF.org. 2023. GBIF Occurrence Download. <https://doi.org/10.15468/dl.73543n>. Global Biodiversity Information Facility. [Consultado en julio 2023].
- 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.
- Jorger, U., I. Bshema & F. Essghaier. 2008. First record of the parthenogenetic Brahminy blind Snake *Ramphotyphlops braminus* (Daudin 1083), from Libya (Serpente: Typhlopidae). *Herpetology Notes* 1:13-16.
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar, F. Reyes, J. Kudera & J. Hošek (Eds.). 2023. *The Reptile Database*. <http://www.reptile-database.org> [Consultado en julio 2023].
- Vitt, L. & J. Caldwell. 2013. *Herpetology. An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. Fourth Edition. Elsevier Academic Press, Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos.
- Wall, F. 1921. *The Snakes of Ceylon*. Colombo: H. R Cottle, Colombo, Provincia Occidental, Sri Lanka.
- Wallach, V., K.L. Williams & J. Boundy. 2014. *Snakes of the World: A Catalogue of Living and Extinct Species*. CRC Press, Boca Raton, Florida, Estados Unidos.
- Zamora-Camacho, F. 2017. On the role of plant nurseries introducing *Indotyphlops braminus* (Daudin 1083), in Spain. *Herpetozoa* 30:69-72.



PRIMER REGISTRO DE ERITRISMO EN *THAMNOPHIS SCALARIS* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) EN EL ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO

FIRST RECORD OF ERYTHRISM IN *THAMNOPHIS SCALARIS* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) IN THE STATE OF MEXICO, MEXICO

Laura Sonia Arzate-Garay^{*}, Sofia Aimee Quiroz-Adrian¹, Luis Fernando Hernández-Sánchez³, Edgar Oviedo-Hernández², Oswaldo Hernández-Gallegos² & Josele Ricardo Flores-Santin¹

¹Laboratorio de Ecofisiología Animal, 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, Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario #100 Centro, 50000 Toluca, Estado de México, México.

³Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario #100 Centro, 50000 Toluca, Estado de México, México.

*Correspondence: larzatego46@alumno.uaemex.mx

Received: 2023-09-28. Accepted: 2024-01-16. Published: 2024-02-21.

Editor: José Manuel Serrano, México.

Abstract.— The first documented record of abnormal coloration (erythrism) in the long-tailed snake (*Thamnophis scalaris*) is reported in San Cayetano Morelos, Toluca, State of Mexico in a disturbed habitat.

Key words.— Erythrism, *Thamnophis scalaris*, disturbed habitat.

Resumen.— Se da a conocer el primer registro documentado de coloración anormal (eritrismo) en la culebra de cola larga (*Thamnophis scalaris*) en San Cayetano Morelos, Toluca, Estado de México en un hábitat perturbado.

Palabras clave.— Eritrismo, *Thamnophis scalaris*, hábitat perturbado.

La coloración corporal tiene un papel importante en la ecología de los anfibios y reptiles (i.e. termorregulación, reproducción, alimentación, evasión de depredadores, etc.) y es posible gracias a células especializadas que contienen pigmentos en la piel llamadas cromatóforos (Vitt & Caldwell, 2014). Sin embargo, existen casos de coloraciones raras o anormales debido a una pigmentación excesiva o reducida (Kolenda et al., 2017; Allain et al., 2023). El eritrismo, coloración anormal en donde se presentan principalmente coloraciones rojizas y naranjas en diferentes tonalidades, es de las menos frecuentes entre los reptiles, y ha sido principalmente registrada en serpientes (Gilhen, 2010; Borteiro et al., 2021; Jablonski et al., 2022).

Thamnophis scalaris Cope (1861), es una serpiente de tamaño mediano, principalmente predominan los colores café oscuro u olivo, con una franja media vertebral de color amarillo o crema (Heimes, 2016) (Fig. 1). Se distribuye principalmente en el Altiplano Mexicano y al norte de la Faja Volcánica Transmexicana,

en elevaciones de 2,000 a 4,273 m.s.n.m., desde el este de Jalisco hasta el centro de Veracruz (Rossman et al., 1996; Ramírez-Bautista et al., 2009). Un estudio previo, documentó dos casos de eritrismo en *T. scalaris* en los estados de Puebla y Tlaxcala, en ambos casos los individuos presentaban coloraciones rojizas y naranjas, atípicas de la coloración registrada para la especie (Hidalgo-Licon et al., 2023).

El 16 de marzo de 2023 durante un muestreo herpetológico se encontró un individuo de la culebra de cola larga *Thamnophis scalaris* con coloraciones rojizas y naranjas (Fig. 2), en San Cayetano Morelos, Toluca, Estado de México (19.41306°N, 99.70083°W; WGS 84; 2607 m.s.n.m.) debajo de unos plásticos negros abandonados, usados para actividades agrícolas. La descripción de coloración se realizó con base en el Catálogo de Color para Biólogos de Campo "Colour Catalogue for Field Biologists" (Köhler, 2012).



Figure 1. Individual of *Thamnophis scalaris* with normal coloration. Photo: Edgar Oviedo-Hernández

Figura 1. Individuo de *Thamnophis scalaris* con coloración normal. Fotografía: Edgar Oviedo-Hernández.



Figure 2. Lateral view of the head of *Thamnophis scalaris* showing supralabial, infralabial scales and eye coloration with erythrisms. Photo: Edgar Oviedo-Hernández.

Figura 2. Vista lateral de la cabeza de *Thamnophis scalaris* donde se observan las escamas supralabiales, infralabiales y coloración de ojos con eritrismo. Foto: Edgar Oviedo-Hernández.



Figure 3. Vertebral midline and dorsal view of *Thamnophis scalaris* with erythristm. Photo: Edgar Oviedo-Hernández.

Figura 3. Línea vertebral media y vista dorsal de *Thamnophis scalaris* con eritrismo. Foto: Edgar Oviedo-Hernández.

El organismo tenía escamas supralabiales moteadas color flama escarlata (Flame Scarlet; 73), anaranjado cromo (Chrome Orange; 74) y pequeños puntos marrón (Maroon; 39). La región gular y las escamas infralabiales beige pálido (Pale Buff; 1) con puntos pequeños y motas color flama escarlata (Flame Scarlet; 73). Los ojos muestran coloración flama escarlata (Flame Scarlet; 73) en la córnea (Fig. 2). La franja media vertebral es anaranjado medio cromo (Medium Chrome Orange; 75) (Fig. 3). La región ventral es escarlata (Scarlet; 69) (Fig. 4). Las fotografías del organismo *T. scalaris* con eritrismo fueron depositadas en la Colección Fotográfica de Herpetología, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México con clave CFH 35-37.

Este hallazgo es de suma importancia, ya que el organismo se encontró en un hábitat perturbado, en donde se realizan actividades de pastoreo, se encuentra cerca un canal de aguas negras y existe una alta contaminación del suelo por residuos sólidos. En el mismo sitio de estudio se registró un caso de eritrismo en la lagartija *Barisia imbricata* (Arzate-Garay et al., 2023). En el mismo municipio de estudio se reportó un caso de eritrismo en la culebra de cola corta (*Thamnophis scalliger*) en los alrededores del Parque Estatal Sierra Morelos, una zona perturbada (Rojas-Velasco et al., 2023). Desde nuestro conocimiento, este sería el primer caso documentado de esta

condición de coloración anormal (eritrismo) en la culebra de cola larga (*Thamnophis scalaris*).

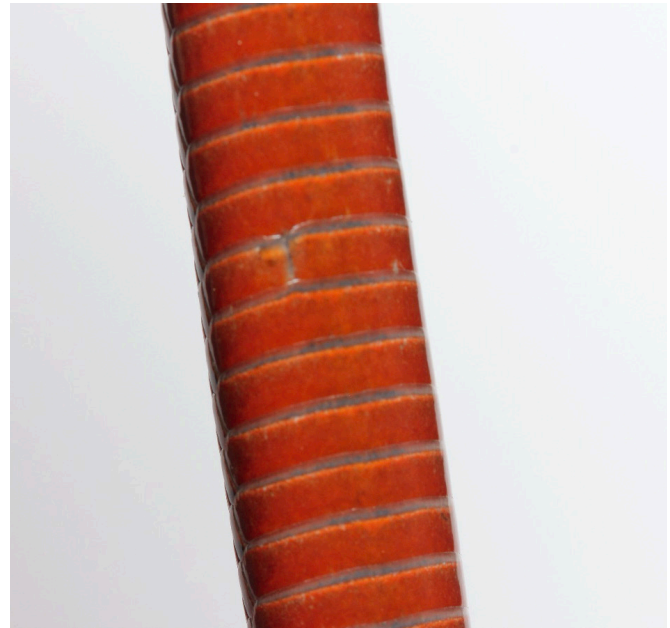


Figure 4. Ventral view of *Thamnophis scalaris* with erythristm. Photo: Edgar Oviedo-Hernández.

Figura 4. Vista ventral de *Thamnophis scalaris* con eritrismo. Foto: Edgar Oviedo-Hernández.

La causa de eritrismo en otras especies de animales está ligada a la dieta (Hudon & Mulvihill, 2017). Pero en reptiles y anfibios es probable que sea causado por un componente genético y esto se ha demostrado en crías en cautiverio de diferentes especies de anfibios y reptiles. Algunas hipótesis sugieren que el eritrismo es causado por altas concentraciones de hierro en agua y suelo, de forma similar como sucede en algunas aves que adquieren pigmentos de depósitos de óxido de hierro (McGraw et al., 2005; Kolenda et al., 2017). Dado que los organismos que presentaron eritrismo fueron encontrados en zonas perturbadas por la actividad humana, se sugiere que estos factores podrían ser los principales causantes, por lo que es importante realizar estudios adicionales en un futuro sobre estos casos.

Agradecimientos.- Agradecemos a Diego A. Yáñez Velázquez por la ayuda en trabajo de campo, al Biól. Edgar Emmanuel Hernández Juárez por el acceso al libro Colour Catalogue for Field Biologists y CONAHCYT por el financiamiento a través de la beca No. 832051.

LITERATURA CITADA

- Allain, S., D. Clemens & O. Thomas. 2023. Taste the rainbow: a review of color abnormalities affecting the herpetofauna of the British Isles. *Reptiles & Amphibians* 30:e18470-e18470.
- Arzate-Garay, L.S., J.R. Flores-Santin, E. Oviedo-Hernández, G. Andrade-Soto, G.P. Hernández-López & C.M. Watson. 2023. *Barisia imbricata*, Coloration. *Herpetological Review* 54:292.
- Borteiro, C., A. Diesel Abegg, F. Hirouki Oda, D.E. Cardozo, F. Kolenc, I. Etchandy et al. 2021. Aberrant colouration in wild snakes: case study in Neotropical taxa and a review of terminology. *Salamandra* 57:124-138.
- Gilhen, J. 2010. Erythrism in the Maritime Garter Snake, *Thamnophis sirtalis pallidulus*, in Nova Scotia. *The Canadian Field-Naturalist* 124:99-103.
- Heimes, P. 2016. Snakes of Mexico. *Herpetofauna Mexicana*. Vol I. Chimaira. Frankfurt.
- Hidalgo-Licon, L.F., A.Y. Cisneros-Bernal, G. Medina-Rangel & C.A. Hernández-Jiménez. 2023. Erythrism in the Long-tailed Alpine Garter Snake, *Thamnophis scalaris* (Squamata: Colubridae), from Puebla and Tlaxcala, México. *Herpetology Notes* 16:175-177.
- Hudon, J. & R. Mulvihill, 2017. Diet-induced plumage erythrism as a result of the spread of alien shrubs in North America. *North American Bird Bander* 42:95-103.
- Jablonski, D., B. Trapp, E. Tzoras & K. Mebert. 2022. Erythrism in the Eastern Grass Snake, *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758). *Herpetozoa* 35:213-217.
- Köhler, G. 2012. Color Catalogue for Field Biologists. Herpeton. Herpeton Verlag Elke Kohler. Offenbach, Alemania
- 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.
- McGraw, K.J., J. Hudon, G.E. Hill & R.S. Parker. 2005. A simple and inexpensive chemical test for behavioral ecologists to determine the presence of carotenoid pigments in animal tissues. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 57:391-397.
- Ramírez-Bautista, A., U., Hernández-Salinas, U.O., García-Vázquez, A., Leyte-Manrique, & L. Canseco-Márquez. 2009. Herpetofauna del Valle de México: Diversidad y Conservación. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 213p.
- Rojas-Velasco, I.Y., L.G. Tovar, S.A. Díaz-Parra & J.C. Alvarado Avilés. 2023. Eritrismo en la culebra listonada de montaña cola corta, *Thamnophis scaliger* (Colubridae), en el Estado de México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:e780 (193-196).
- Rossman, D.A. 1996. The Garter Snakes: Evolution and Ecology. University of Oklahoma Press.
- Vitt, L.J. & J.P. Caldwell. 2014. Herpetology: an Introductory Biology of Amphibians and Reptiles. Academic Press.



CROTALUS INTERMEDIUS (VIPERIDAE)

Rafael Canales-Pérez¹, Leonardo Fernández-Badillo^{2,3*} & Nallely Morales-Capellán³

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

²Predio Intensivo de Manejo de Vida Silvestre X-Plora Reptilia, carretera México-Tampico, s/n, Pilas y Granadas, Metztlán, Hidalgo, 43350, México.

³Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, km 4.5 carretera Pachuca-Tulancingo, s/n, Mineral de la Reforma, Hidalgo, 42184, México.

* Correspondencia: fernandezbadillo80@gmail.com

Received: 2023-10-27. Accepted: 2024-01-09. Published: 2024-02-21.

Editor: Irene Goyenechea Mayer-Goyenechea, México.

México: Hidalgo: Municipio de Cuauhtepc de Hinojosa: en la localidad de El Aserradero (19.9583° N, 98.337° O; WGS 84; 2,672 m s.n.m), 19 de julio de 2020 a las 14:05 h. Un ejemplar juvenil se encontró muerto sobre una carretera bordeada de campos de cultivo y parches de bosque de encino (MZFZ-IMG-351; Fig. 1a), éste representa el primer registro para el municipio de Cuauhtepc de Hinojosa y se ubica a 13.7 km respecto a la localidad más cercana conocida, ubicada en la Sierra de las Navajas, en el municipio de Singuilucan (CH-CIB-061; Fernández-Badillo et al., 2016).

Otro ejemplar adulto fue encontrado en el Municipio de Zempoala, a 241 m de la frontera municipal con Singuilucan (19.9177° N, 98.5365° W; WGS 84; 2,783 m s.n.m.), 20 de febrero

de 2021 a las 12:41 h. El ejemplar (MZFZ-IMG-352; Fig. 1b) se encontró escondido bajo la hojarasca, en una zona de bosque de encino. El avistamiento representa el primer registro para el municipio de Zempoala y se ubica a 18.03 km de la localidad conocida más cercana, ubicada en la Sierra de las Navajas, en el municipio de Singuilucan (CH-CIB-061; Fernández-Badillo et al., 2016). Estos registros, aunque se encuentran dentro del área de distribución estimada para la especie (Heimes, 2016), llenan vacíos en la distribución dentro del estado de Hidalgo, y permiten corroborar de forma precisa su presencia en dos municipios más dentro del estado. Los ejemplares fueron identificados por LFB y NMC y coinciden con las características de escamación descritas para la especie (Campbell & Lamar, 2004; Heimes, 2016).



Figure 1. Specimens of *Crotalus intermedius*. A) El Aserradero, Municipality of Cuauhtepc de Hinojosa (MZFZ-IMG-351). B) Municipality of Zempoala (MZFZ-IMG-352). Photo: Rafael Canales Pérez.

Figura 1. Ejemplares de *Crotalus intermedius*. A) El Aserradero, Municipio de Cuauhtepc de Hinojosa (MZFZ-IMG-351). B) Municipio de Zempoala (MZFZ-IMG-352). Foto: Rafael Canales Pérez.

Agradecimientos.– Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca de doctorado otorgada para el segundo autor LFB (número de becario 371195). Además, los autores agradecen a Uri García Vázquez por su apoyo para depositar las fotografías de los ejemplares en la Colección Digital de Vertebrados de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México.

Fernández-Badillo, L. 2016. *Crotalus intermedius* distribution note. *Mesoamerican Herpetology* 3:526-527.

Heimes, P. 2016. *Herpetofauna Mexicana Vol. 1. Snakes of Mexico.* Edition Chimaira. Frankfurt am Main, Alemania.

LITERATURA CITADA

Campbell, J.A & W.W. Lamar. 204. *The Venomous Reptiles of the Western Hemisphere.* Vols. 1-2. Comstock Publishing Associates. Ithaca, New York, EUA.



BASILISCUS VITTATUS (LACERTILIA: CORYTOPHANIDAE)

Medardo Arreortúa^{1*}, Angel I. Contreras-Calvario^{1,3} & Edna González-Bernal²

¹Instituto Politécnico Nacional, Centro Internacionalmente 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.

²CONAHCYT- Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR-Oaxaca, Laboratorio de Ecología de Anfibios. Hornos 1003, Col. Noche Buena, 71230, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México.

³Herpetario de Veracruz. PIMVS. Veracruz, México.

*Correspondence: medardo.am@hotmail.com

Received: 2023-10-27. Accepted: 2024-01-09. Published: 2024-02-21.

Editor: Irene Goyenechea Mayer-Goyenechea, México.

Mexico: Oaxaca: Santiago Comaltepec: locality of La Esperanza (17.6575° N, 96.3953° W; WGS 84, 482 m a.s.l.). 02 May 2022. At 13:44 h, an adult male of *Basiliscus vittatus* was observed (CNAR-RF 918) (Fig. 1A) resting approximately 6 meters up a tree enveloped by Araceae and Bromeliaceae. The environmental parameters at the time of encounter were as follows: 31.4° C environmental

temperature, 73.1% relative humidity, and 28.35 hPa barometric pressure. A second individual, a juvenile of *B. vittatus* (17.6587° N, 96.3955° W; WGS 84, 482 m a.s.l.), was recorded on 09 February 2023 at 01:07 hours (CNAR-RF 919) (Fig. 1B). It had a SVL of 5.9 cm, tail length of 13.62 cm, mass of 7.4 g and body temperature of 21.8°C. Environmental parameters for this observation were: 21.9

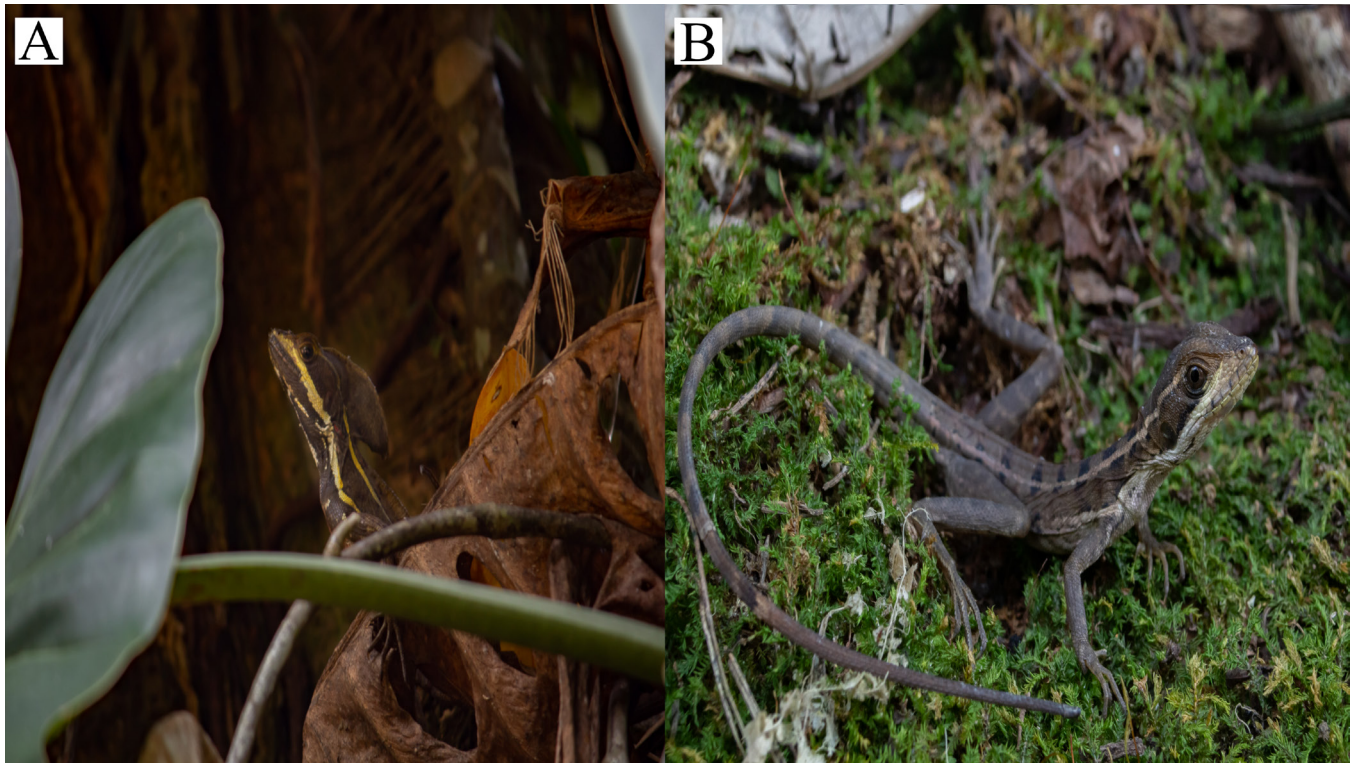


Figura 1. Individuos registrados en el municipio de Santiago Comaltepec. Río Bobo en los límites de La Esperanza, Oaxaca. A) Individuo adulto (CNAR-RF 918) de *Basiliscus vittatus*. B) Individuo juvenil (CNAR-RF 919) de *Basiliscus vittatus*. Fotos: Medardo Arreortúa.

Figure 1. Registered individuals in Santiago Comaltepec municipality. Río Bobo in the limits of La Esperanza, Oaxaca. Photographs: Medardo Arreortúa. A) Adult individual (CNAR-RF 918) of *Basiliscus vittatus*. B) Juvenile individual (CNAR-RF 919) of *Basiliscus vittatus*. Photos: Medardo Arreortúa.

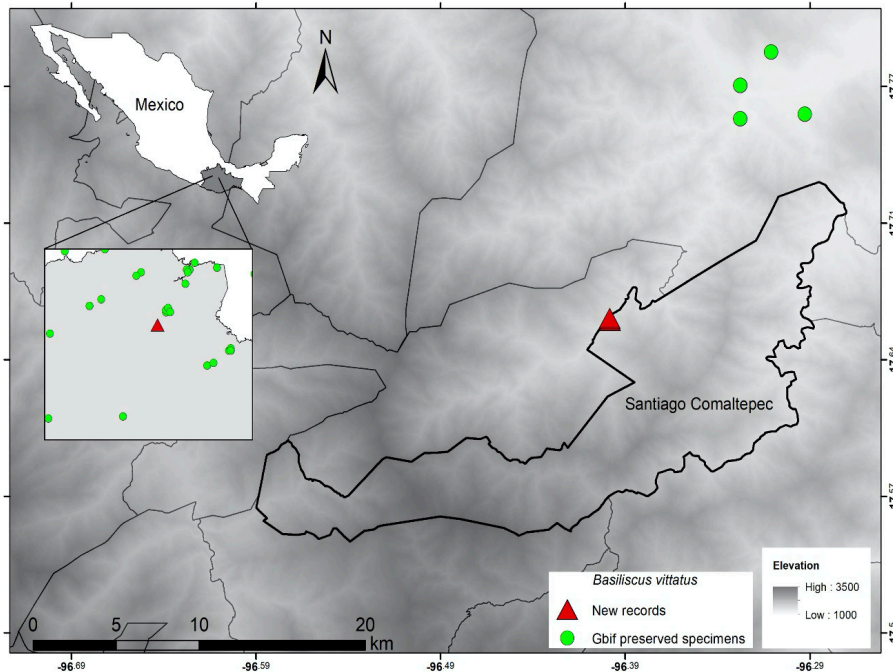


Figura 1. Mapa de distribución. Nuevos registros de *Basiliscus vittatus* (triángulos rojos), y registros publicados más cercanos (GBIF, 2023) (círculos verdes).

Figure 1. Distribution map. New records of *Basiliscus vittatus* (red triangles) and closest published records (GBIF, 2023) (green circles).

°C substrate temperature, 22.6 °C environmental temperature, and 89% relative humidity. This individual was found resting on a rock 1 m from the ground, along the banks of a river in the lower part of the community of La Esperanza, Oaxaca. Based on a broad query of available records from biological collections (GBIF, 2023), the records herein represent the first documented *B. vittatus* from the municipality of Santiago Comaltepec (Fig. 2) and help to fill the gaps in its distribution. The nearest known record was vouchered ca. 13.4 km north away in a straight line and corresponds to an organism collected in the municipality of Valle Nacional (University of Michigan Museum of Zoology [UMMZ] 114963; GBIF, 2023). *Basiliscus vittatus* is a species of lizard with a wide distribution in central Mexico on the Pacific versant from Nayarit to Chiapas and on the Atlantic versant from Veracruz to Yucatan, as well as in Central America, from Guatemala to Costa Rica at elevations from 108 to 1,200 m a.s.l. (Calderón-Mandujano et al., 2008; Castañeda-Hernández et al., 2011; Loc-Barragán et al., 2022). Distributional records for this species are abundant. In Oaxaca, 399 records of *B. vittatus* are known (GBIF, 2023), of which only 62% (249) correspond to specimens cataloged and deposited in a scientific collection. Voucher photographs of these specimens were deposited in the Colección Nacional de Anfibios y Reptiles (CNAR), UNAM.

Acknowledgements.— To the communities of Santiago Comaltepec and San Mateo Yetla for granting work permits within their territories. Part of this project was financed by

Mohamed bin Zayed Conservation Fund (Project 222528528) since the observations were recorded during the development of other research work. Nathan J. Kutok, for reviewing the language of this manuscript.

CITED LITERATURE

- Calderón-Mandujano, R., H. Bahena-Basave & S. Calmé. 2008. Anfibios y Reptiles de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an y Zonas aledañas. Segunda Edición. ECOSUR/ CONABIO/ Sociedad Herpetológica Mexicana/ Reserva de la Biósfera de Sian ka'an. México 111 p.
- Castañeda-Hernández, C., T. Ramírez-Valverde, Y. Meza-Parral, A. Sarmiento-Rojas & A. Martínez-Campos. 2011. Ampliación de la distribución geográfica de *Basiliscus vittatus* en el estado de Puebla. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 3:1046-1048.
- GBIF. 2023. Global Biodiversity Information Facility occurrence download <https://doi.org/10.15468/dl.4nb6sp> [Accessed March 2023].
- Loc-Barragán, J.A., J.N. Fuentes-Castrejón, L.A. Solís-Pecero, L.D. Santana-Moreno, R. Loaiza-Ramírez & G.A. Woolrich-Piña. 2022. First record of *Basiliscus vittatus* (Lacertilia: Corytophanidae) in Nayarit, México. *Amphibian and Reptile Conservation* 3:6-33.



REPERTORIO DE SEÑALES ACÚSTICAS EN LA RANA DE CRISTAL *HYALINOBATRACHIUM TATAYOI* (ANURA: CENTROLENIDAE)

REPertoire OF ACOUSTIC SIGNALS IN THE GLASS FROG *HYALINOBATRACHIUM TATAYOI* (ANURA: CENTROLENIDAE)

MARIBEL ROJAS-MONTOYA^{1*}, YELENNY LÓPEZ-AGUIRRE¹, CRISTIAN GONZÁLEZ-ACOSTA¹ & FERNANDO VARGAS-SALINAS¹

¹Grupo de Investigación en Evolución, Ecología y Conservación (EECO), Programa de Biología, Universidad del Quindío, Carrera 15 Calle 12 Norte, Armenia 630001, Quindío, Colombia.

*Correspondence: rojasm53@gmail.com

Received: 2023-07-06. Accepted: 2024-01-10. Published: 2024-02-21.

Editor: Felipe Rabanal, Chile.

Abstract.— Acoustic communication is the most studied modality of communication in anurans. However, among the repertoire of acoustic signals known for anurans, the traditionally described one is the advertisement call; courtship and distress calls are less well-known. Since characterizing acoustic signals in anurans is useful for studies in ecology, systematics, and evolution, as well as for the implementation of management and conservation strategies, in this study we describe three types of vocalizations in the glass frog *Hyalinobatrachium tatayoi* (Centrolenidae). Between July and December 2022, we conducted 21 nocturnal field trips to a locality on the western slope of the cordillera Central, in the department of Quindío, Colombia. We obtained recordings of 407 advertisement calls emitted by 21 males, 230 courtship calls emitted by nine males, and eight distress calls, two emitted by a male and six by a female. Our description of the advertisement and courtship calls, based on 13 features (seven spectral, six temporal), is the most detailed of those published to date for *H. tatayoi*. Moreover, it comes from a population that is separated from other populations for which these calls have been described by the presence of two mountain ranges. A preliminary comparison of advertisement and courtship calls among populations of *H. tatayoi* reveals low intraspecific geographic variation in dominant frequency and call duration among some populations. To date, four types of call are known from the repertoire of acoustic signals in *H. tatayoi*: advertisement call, courtship call, distress call, and agonistic call. Although not all features of these call types have been quantified with the same level of detail, *H. tatayoi* becomes one of the Centrolenidae species for which its repertoire of acoustic signals is best known.

Keywords.— Bioacoustics, acoustic communication, animal communication, intraspecific geographic variation.

Resumen.— La comunicación acústica es la modalidad de comunicación más estudiada en anuros. No obstante, del repertorio de señales acústicas que se conoce para anuros, tradicionalmente se ha descrito el canto de anuncio, mientras que cantos de cortejo y de auxilio son menos conocidos. Dado que caracterizar las señales acústicas en anuros es útil para estudios de ecología, sistemática y evolución, y en la implementación de estrategias de manejo y conservación, en este estudio describimos tres tipos de canto en la rana de cristal *Hyalinobatrachium tatayoi* (Centrolenidae). Entre julio y diciembre de 2022 realizamos 21 salidas de campo nocturnas a una localidad en la vertiente occidental de la cordillera Central, en el departamento del Quindío, Colombia. Obtuvimos grabaciones de 407 cantos de anuncio emitidos por 21 machos, 230 cantos de cortejo emitidos por nueve machos, y ocho cantos de auxilio, dos emitidos por un macho y seis por una hembra. Nuestra descripción del canto de anuncio y cortejo, basada en 13 parámetros (siete espectrales, seis temporales), es la más detallada de las publicadas hasta la fecha para *H. tatayoi*. Además, proviene de una población que se encuentra separada de otras poblaciones para las cuales se han descrito estos cantos, por la presencia de dos cordilleras. Una comparación preliminar del canto de anuncio y de cortejo entre poblaciones de *H. tatayoi* permite visualizar poca variación geográfica intraespecífica en la frecuencia dominante y la duración del canto. Hasta la fecha, se conocen cuatro tipos de canto del

repertorio de señales acústicas en *H. tatayoi*: canto de anuncio, canto de cortejo, canto de auxilio, y canto agonístico. Aunque no todos los parámetros de estos tipos de canto han sido cuantificados con el mismo nivel de detalle, *H. tatayoi* se convierte en una de las especies de Centrolenidae en que mejor se conoce su repertorio de señales acústicas.

Palabras clave.– Bioacústica, Comunicación acústica, Comunicación animal, Variación geográfica intraespecífica

INTRODUCCIÓN

Conocer características de historia natural de las especies es importante en diversas áreas de la biología (Vitt, 2013). En taxonomía y sistemática filogenética sirven como caracteres diagnósticos en delimitación de especies (Schneider & Sinsch, 2007; Baum & Smith, 2012) y en ecología de comunidades, nos permite inferir interacciones individuo-ambiente físico e individuo-individuo para entender patrones de diversidad (Mittelbach & McGill, 2019). Además, conocer la historia natural de las especies nos permite optimizar estrategias de monitoreo, planes de manejo y conservación de la diversidad biológica (Clemmons & Buchholz, 1997; Gosling & Sutherland, 2000; Berger-Tal & Saltz, 2016). Sin embargo, las características de historia natural pueden variar significativamente entre poblaciones, ya sea debido a factores estocásticos o determinísticos (Lott, 1984; Foster & Endler, 1999). Por ejemplo, el tamaño corporal de los individuos adultos es utilizado en la identificación de especies o en estudios de ecología evolutiva, pero puede variar acorde a cambios ambientales (e.g., temperatura, humedad) que se dan a través de gradientes altitudinales y latitudinales (Ashton & Feldman, 2003; Meiri & Dayan, 2003; Morrison & Hero, 2003). En general, sería ideal conocer las características de historia natural de las especies y su posible variabilidad entre poblaciones distribuidas en ambientes contrastantes o separadas por barreras geográficas.

Los anuros son un buen modelo de estudio para documentar variación geográfica intraespecífica en características de historia natural (Lott, 1984; Vitt & Caldwell, 2014; Pough et al., 2015). Una de las características de historia natural más estudiadas en anuros son sus señales acústicas, especialmente el canto de anuncio (Narins et al., 2006; Wells, 2007; Guerra et al., 2018; Rivera-Correa et al., 2021), el cual es emitido por los machos para atraer pareja y delimitar una ubicación espacial con respecto a machos conespecíficos (Duellman & Trueb, 1994; Köhler et al., 2017). En anuros es frecuente la existencia de variación geográfica intraespecífica en el canto de anuncio (e.g., Narins & Smith, 1986; Wilczynski & Ryan, 1999; Castellano & Giacoma, 2000; Bernal et al., 2005; Vargas-Salinas et al., 2014; Tassarolo et al., 2016; Annibale et al., 2020; López et al., 2020), aunque se conoce mucho menos de dicha variabilidad en

otros tipos de canto (e.g., canto de cortejo, canto de auxilio). La variación geográfica intraespecífica en señales de comunicación podría influir directamente en procesos de reconocimiento de especies, selección de pareja y flujo genético entre poblaciones; por lo tanto, es importante documentar características de señales de comunicación en varias poblaciones de una misma especie (Irwin et al., 2001; Boughman, 2002; Seehausen et al., 2008; Wilkins et al., 2013).

Entre los anuros, las ranas de cristal (Centrolenidae) se han convertido en un excelente modelo de estudio en aspectos relacionados a la evolución de señales de comunicación acústica (Escalona et al., 2019; Mendoza-Henao et al., 2022) debido, en gran medida, a la caracterización del canto de anuncio en por lo menos 107 de las 164 especies que componen esta familia (Duarte-Marín et al., 2022; Montilla et al., 2023; Frost, 2024). Sin embargo, pocos estudios se han centrado en documentar la variación geográfica intraespecífica en sus señales acústicas (pero ver Delia et al., 2010; Mendoza-Henao et al., 2022). La rana de cristal *Hyalinobatrachium tatayoi* ofrece una excelente oportunidad para empezar a registrar dicha variabilidad.

El canto de anuncio de *H. tatayoi* ha sido descrito para poblaciones en Colombia (Mendoza-Henao et al., 2020), Ecuador (Guayasamín et al., 2022), Panamá (Greer & Wells, 1980; Ibáñez et al., 1999) y Venezuela (Castroviejo-Fisher et al., 2007). Con respecto a Colombia, el canto de anuncio en esta especie ha sido descrito para poblaciones en la región pacífica, límites con Panamá en la costa Atlántica, y el valle geográfico del río Magdalena (Mendoza-Henao et al., 2020), pero se desconoce para poblaciones en el valle geográfico del río Cauca (Fig. 1). Las poblaciones de *H. tatayoi* en el valle geográfico del río Cauca se encuentran separadas de otras poblaciones para las cuales se ha descrito el canto de anuncio, debido a la presencia de la cordillera Occidental y Central de Colombia. Por lo tanto, es factible que el canto de anuncio presente una variabilidad aún no registrada en *H. tatayoi*. Algo similar podría suceder para el canto de cortejo en esta especie, el cual ha sido descrito solamente para una población en la Isla de Barro Colorado, Panamá (Greer & Wells, 1980).

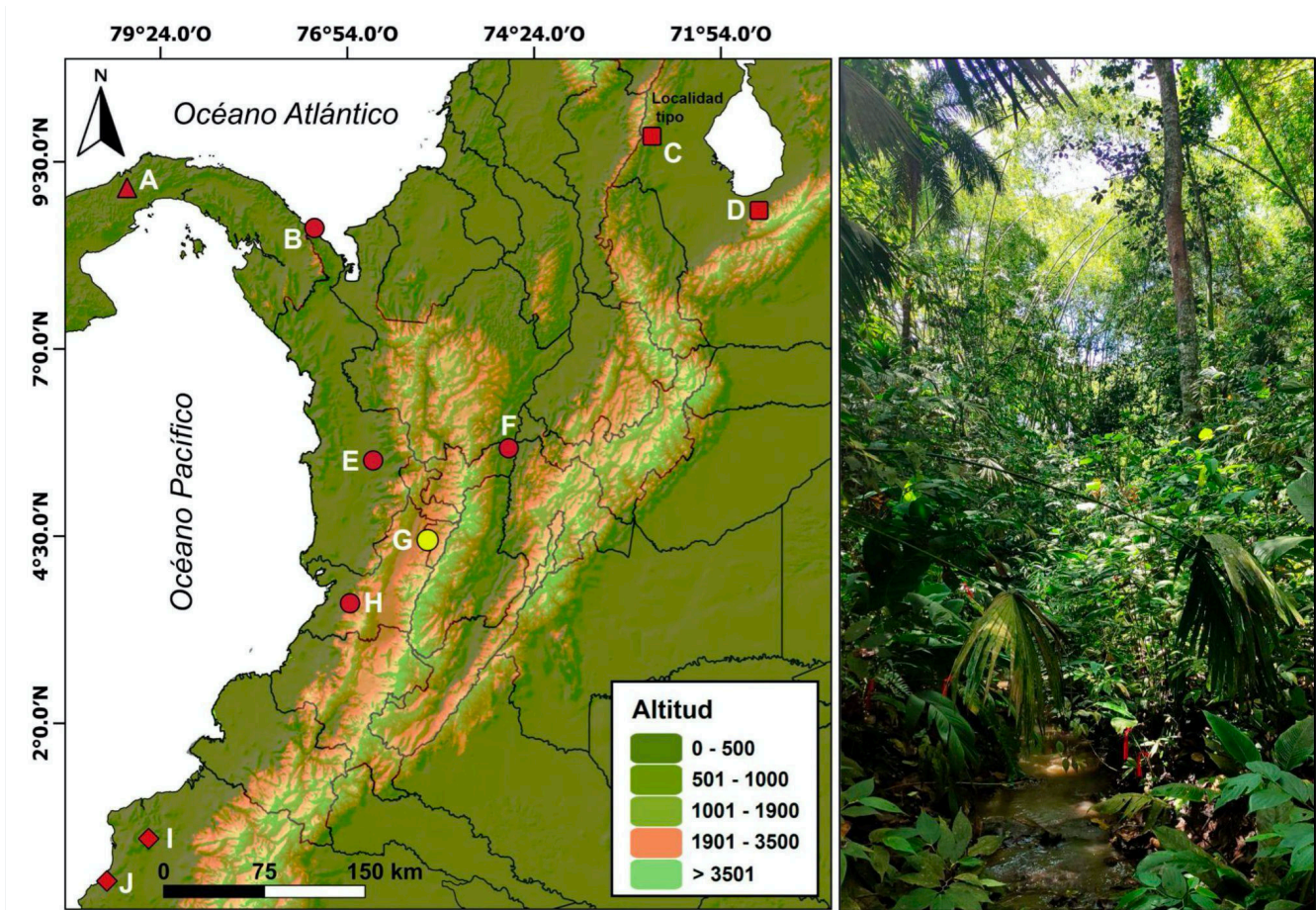


Figure 1. Left: Geographic location of the populations of *Hyalinobatrachium tatayoi* (Centrolenidae) for which the advertisement call has been described. Each locality is represented by a letter (see Appendix 2 for details) and each country is represented by a type of geometric figure (Triangle: Panamá; Circle: Colombia; Square: Venezuela; Rhombus: Ecuador). The yellow circle (locality G) represents the population for which the acoustic signals are described in this study (Villa Chela, La Tebaida, Quindío department, Cordillera Central of Colombia). Information obtained from Greer and Wells (1980); Castroviejo-Fisher et al. (2007); Mendoza-Henao et al. (2020); Barona-Cortés and Mendoza-Henao (2022) and Guayasamin et al. (2022). Courtship call and agonistic call have only been described for one population on Barro Colorado Island, Panamá (locality B) (Greer & Wells, 1980). Right: Image of the La Arboleda stream in the study area and the riparian vegetation from which *H. tatayoi* males emit their acoustic signals.

Figura 1. Izquierda: Ubicación geográfica de las poblaciones de *Hyalinobatrachium tatayoi* (Centrolenidae) para las cuales se ha descrito el canto de anuncio. Cada localidad está representada por una letra (ver Apéndice 2 para detalles) y cada país está representado por un tipo de figura geométrica (Triángulo: Panamá; Círculo: Colombia; Cuadrado: Venezuela; Rombo: Ecuador). El círculo amarillo (localidad G) representa la población para la cual se describen las señales acústicas en este estudio (Villa Chela, La Tebaida, departamento del Quindío, Cordillera Central de Colombia). Información obtenida a partir de Greer y Wells (1980); Castroviejo-Fisher et al. (2007); Mendoza-Henao et al. (2020); Barona-Cortés y Mendoza-Henao (2022) y Guayasamin et al. (2022). Solo para una población en la Isla Barro Colorado, Panamá (localidad B) se ha descrito el canto de cortejo y el canto agonístico (Greer & Wells, 1980). Derecha: Imagen de la quebrada La Arboleda en el área de estudio y de la vegetación riparia desde la cual los machos de *H. tatayoi* emiten sus señales acústicas.

En este estudio, describimos el canto de anuncio y de cortejo en una población de *H. tatayoi* ubicada hacia el sur del valle geográfico del río Cauca, en la vertiente occidental de la cordillera Central de Colombia (Fig. 1). La descripción presentada en este estudio abarca mediciones de parámetros del canto de anuncio (e.g., número y duración de pulsos, tasa de emisión de pulsos)

que generalmente no han sido cuantificadas en estudios previos con *H. tatayoi* (Greer & Wells, 1980; Castroviejo-Fisher et al., 2007; Mendoza-Henao et al., 2020; Guayasamin et al., 2022). Además, describimos por primera vez el canto de auxilio emitido por machos y hembras de esta rana de cristal. Con este estudio complementamos el conocimiento que se tiene del repertorio de

señales acústicas en *H. tatayoi*, a la vez que evaluamos la posible variabilidad intraespecífica en algunas de dichas señales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Especie y Área de estudio

Hyalinobatrachium tatayoi es una rana de cristal cuyos individuos adultos son relativamente pequeños (longitud hocico-cloaca, hembras = 21.9-22.2 mm, machos = 21-24.4 mm) (Wells & Schwartz, 1982; Castroviejo-Fisher et al., 2007). Esta especie se encuentra ampliamente distribuida entre el nivel del mar y aproximadamente los 1,760 m.s.n.m, en bosques secos y húmedos presentes desde el sur de Costa Rica hasta Ecuador y Venezuela (Castroviejo-Fisher et al., 2007; Mendoza-Henao et al., 2020). Los machos cantan entre 0.5 y > 5 m de altura desde el haz o envés de hojas en vegetación adyacente a quebradas; su actividad acústica se da principalmente en época de altas lluvias, extendiéndose desde horas crepusculares hasta el amanecer, aunque se ha registrado una mayor actividad antes de medianoche (Barona-Cortés & Mendoza-Henao, 2022).

Este estudio se realizó en la quebrada “La Arboleda” ubicada en la finca Villa Chela, conjunto campestre El Amanecer (4.4456° N, 75.8245° O; 1,196 m.s.n.m), municipio de La Tebaida, departamento del Quindío, Andes Centrales de Colombia (Fig. 1). En el paisaje del área de estudio predominan zonas abiertas utilizadas para actividades agropecuarias, el asentamiento de viviendas rurales y áreas de recreación, con algunos relictos de bosque ripario premontano, conformados por árboles de crecimiento secundario, guadales, heliconias y aráceas (Fig. 1). La temperatura ambiente en el área de estudio oscila entre 16.7 y 28.2 °C, la precipitación anual promedio es de 1823 mm y la humedad relativa es menor a 80% (datos descargados de www.worldclim.org y www.weatherspark.com).

Metodología

Entre el 22 de julio y el 16 de diciembre de 2022 realizamos 21 salidas de campo, cada una con duración de una noche. Los cantos de anuncio y cortejo fueron obtenidos durante muestreos nocturnos realizados a lo largo de un transecto de 105 m de longitud que establecimos previamente en la quebrada La Arboleda. Se utilizó luz roja durante las grabaciones para perturbar lo menos posible a los individuos. Los cantos de auxilio fueron obtenidos a través de la manipulación realizada a los individuos para su marcaje, identificación y registro de datos asociados a su comportamiento reproductivo y de cuidado parental (manuscritos en preparación). Realizamos las grabaciones con una grabadora digital (Marantz PMD661) y un micrófono unidireccional (Sennheiser ME 66/K6/) configurados

en formato .WAV, resolución de 16 bits y frecuencia de muestreo de 44.1 kHz. A cada individuo grabado le registramos su temperatura corporal con un termómetro infrarrojo Extech Serie 42510 (precisión 0.1°C), su tamaño corporal (longitud hocico-cloaca, LHC) con un calibrador digital (± 0.01 mm) y su peso con una balanza analítica (Triple Clean BAL01; ± 0.01 g). Ninguno de los individuos grabados fue colectado. Para los parámetros de canto presentamos su valor promedio seguido, cuando aplica, de su desviación estándar (\pm DE) y el valor mínimo y máximo (rango) en paréntesis. Copia de grabaciones obtenidas en este estudio fueron depositadas en la Colección de Sonidos Ambientales del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH-CSA), Villa de Leyva, Boyacá, Colombia (<http://coleccion.humboldt.org.co/sonidos/>).

Estimamos los parámetros temporales y espectrales de los cantos utilizando el programa RAVEN Pro 1.4 (Bioacoustics Research Program, 2010). Los oscilogramas, espectrogramas y espectros de poder se realizaron con transformaciones rápidas de Fourier (FFT) a una ventana de 256 utilizando el algoritmo de Blackman y un solapamiento de 90%. Los procedimientos y la terminología para los siguientes parámetros de canto fueron acordes a sugerencias de Köhler et al. (2017) y Duarte-Marín et al. (2022): Duración de canto (ms), Número de pulsos, Duración de pulso (ms), Tasa de pulsos (número de pulsos/s), Duración del intervalo entre pulsos (ms), Frecuencia dominante en la parte inicial del canto (kHz), Frecuencia dominante en la parte media del canto (kHz), Frecuencia dominante en la parte final del canto (kHz), Frecuencia dominante del canto completo (kHz) y Frecuencia mínima y máxima del canto completo (kHz). Las frecuencias mínima y máxima se calcularon a 20 dB (re 20mPA) por debajo de la intensidad máxima relativa del canto, la cual, se da en la frecuencia dominante del canto completo. Además, cuando se detectaron armónicos en los cantos, su Frecuencia se cuantificó en kHz.

La representación gráfica de los cantos se realizó con el paquete Seewave en la plataforma R (Sueur et al., 2008). Nuestra unidad de análisis para la descripción de los cantos fue el individuo; es decir, las mediciones obtenidas para cada parámetro de canto de un mismo individuo se promediaron para obtener un único valor. Todas las mediciones fueron obtenidas por un mismo investigador (CGA) para reducir márgenes de error y sesgos en la medición de los parámetros de canto.

Los parámetros del canto en anuros generalmente están correlacionados entre sí y, además, pueden estar relacionados con la temperatura y tamaño corporal de los emisores (Gerhardt & Huber, 2002). Por lo tanto, realizamos el siguiente

procedimiento: verificamos la relación entre los parámetros de canto con análisis de correlación de Pearson y, posteriormente, redujimos su redundancia mediante un análisis de componentes principales con rotación Varimax (Johnson & Wichern, 2014). Debido a que no se pudo cuantificar la frecuencia del segundo y tercer armónico para varios machos, estos datos no fueron incluidos en el análisis de componentes principales. Este análisis se realizó después de corroborar que las variables cumplían los supuestos requeridos para su aplicación (KMO= 0.489; gl= 78; Prueba de esfericidad de Bartlett <0.0001).

El número de componentes resultantes se determinó teniendo en cuenta una varianza explicada mayor al 80% y autovalores >1 (Cliff, 1988; Peres-Neto, 2005) (Tabla 1). Los componentes principales (CPs) obtenidos de este análisis se utilizaron como nuevas variables representativas de los parámetros de canto. Posteriormente, evaluamos si los CPs se relacionaron con la temperatura y tamaño corporal de los individuos emisores mediante análisis de correlación de Pearson. Debido a restricciones impuestas por el tamaño de muestra (i.e., número de individuos grabados), estos análisis los realizamos solo para

el canto de anuncio, en los programas SPSS v.26 (IBM Corp. Released, 2019) y R 4.3.0 (R Development Core Team, 2023).

RESULTADOS

Obtuvimos grabaciones de canto para 23 machos y 1 hembra (Apéndice 1); en algunos casos se obtuvo registros de más de un tipo de canto para un mismo macho. De 21 machos a los cuales les registramos su canto de anuncio, siete se encontraban cantando desde el haz de hojas (Fig. 2a) y nueve desde el envés de hojas. Para cinco machos, esta información acerca del sitio de canto no fue registrada. De nueve machos a los cuales le registramos el canto de cortejo, dos se encontraban en el haz de hojas, seis en el envés de hojas y para un individuo no se registró esta información (Fig. 2b). Obtuvimos dos cantos de auxilio para un macho y seis para una hembra.

Canto de anuncio

Grabamos 407 cantos de anuncio emitidos por 21 machos de *H. tatayoi*. Este tipo de canto está compuesto de una nota cuya primera parte contiene varios pulsos y cuya parte final es

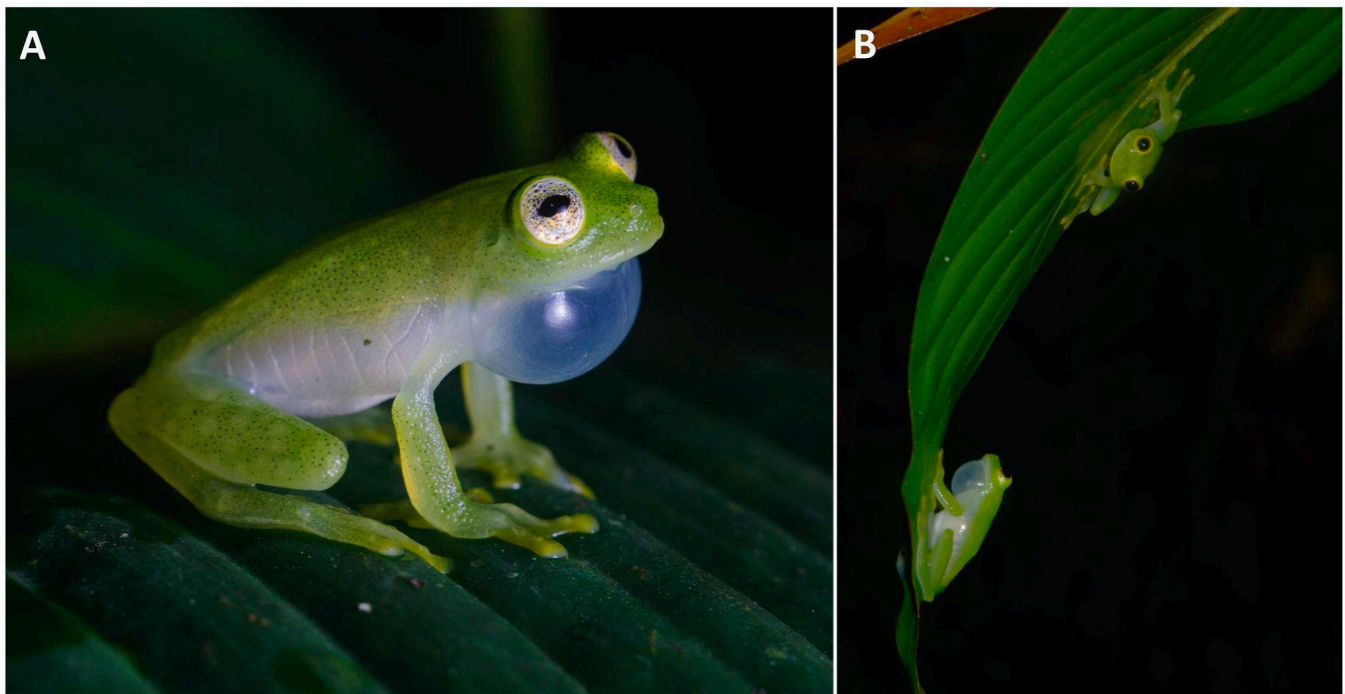
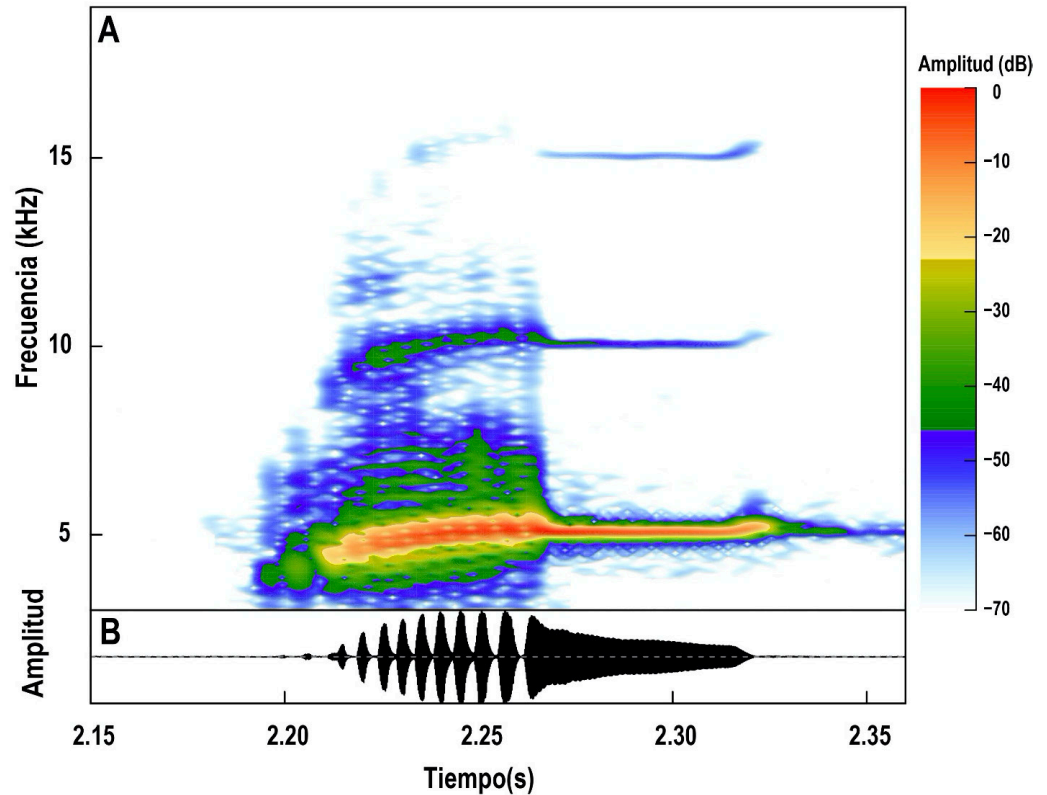


Figure 2. Images of a male *Hyalinobatrachium tatayoi* emitting advertisement calls from the underside of a leaf (A) and of a male emitting courtship calls to a female on the underside of a leaf (B).

Figura 2. Imágenes de un macho de *Hyalinobatrachium tatayoi* emitiendo cantos de anuncio desde el haz de una hoja (A) y de un macho emitiendo cantos de cortejo a una hembra en el envés de una hoja (B).

Figure 3. Spectrogram (A) and Oscillogram (B) of the advertisement call in the glass frog *Hyalinobatrachium tatayoi*. In Appendix 3 you can see a video of a male (Snout-Vent Length = 21.9 mm) emitting an advertisement call (male recorded on November 18, 2022 at a height of 0.70 m above the water surface).

Figura 3. Espectrograma (A) y Oscilograma (B) del canto de anuncio en la rana de cristal *Hyalinobatrachium tatayoi*. En el Apéndice 3 se puede observar el video de un macho (Longitud Hocico-Cloaca = 21.9 mm) emitiendo canto de anuncio (macho grabado en noviembre 18 de 2022 a una altura de 0.70 m sobre la superficie del agua).



tonal (Fig. 3); por lo tanto, para su descripción incluimos un parámetro temporal adicional a los mencionados previamente en metodología: duración pulso tonal (ms). Esto mismo se hizo para la descripción del canto de cortejo tipo Chirp (ver abajo). La duración del canto de anuncio completo fue de $122.40 \text{ ms} \pm 10.96$ (rango = $97.38 - 139.30 \text{ ms}$, $N = 21$ machos). El número promedio de pulsos por canto fue de $8.45 \text{ pulsos} \pm 2.93$ (rango = $3.59 - 14.85$ pulsos, $N = 21$ machos). La duración promedio de cada pulso fue de $3.30 \text{ ms} \pm 0.80$ (rango = $2.0 - 5.14 \text{ ms}$, $N = 21$ machos) y estuvieron separados entre sí por $2.12 \text{ ms} \pm 0.67$ (rango = $1.2 - 4.0 \text{ ms}$, $N = 21$ machos). La tasa de emisión de pulsos por canto fue de $69.75 \text{ pulsos/s} \pm 25.01$ (rango = $31.86 - 121.43 \text{ pulsos/s}$, $N = 21$ machos).

La duración de la parte tonal del canto fue de $71.44 \text{ ms} \pm 17.68$ ($32 - 108.09 \text{ ms}$). La frecuencia dominante del canto completo fue de $4.75 \text{ kHz} \pm 0.11$ (rango = $4.62 - 5.00 \text{ kHz}$, $N = 21$ machos); la frecuencia mínima fue de $3.93 \text{ kHz} \pm 0.16$ (rango = $3.66 - 4.30 \text{ kHz}$, $N = 21$ machos) y la frecuencia máxima fue de $5.27 \text{ kHz} \pm 0.16$ (rango = $5.03 - 5.75 \text{ kHz}$, $N = 21$ machos). La frecuencia dominante en la parte inicial del canto fue de $3.98 \text{ kHz} \pm 0.22$ (rango = $3.37 - 4.32 \text{ kHz}$, $N = 21$ machos), en la parte media del canto fue de $4.52 \text{ kHz} \pm 0.14$ (rango = $4.31 - 4.85 \text{ kHz}$, $N = 21$

machos) y en la parte final del canto fue de $4.73 \text{ kHz} \pm 0.13$ (rango = $4.50 - 4.98 \text{ kHz}$, $N = 21$ machos). En nuestras grabaciones detectamos un máximo de tres armónicos en el canto de anuncio. El primer armónico sucedió a $9.49 \text{ kHz} \pm 0.26$ (rango = $9.13 - 10.01 \text{ kHz}$, $N = 21$ machos), el segundo armónico sucedió a $14.03 \text{ kHz} \pm 0.64$ (rango = $12.06 - 14.86 \text{ kHz}$, $N = 16$ machos), el tercer armónico sucedió a $18.57 \text{ kHz} \pm 0.82$ (rango = $16.97 - 19.27 \text{ kHz}$, $N = 6$ machos; Fig. 3).

La variabilidad en los trece parámetros del canto de anuncio que fueron incluidos en el análisis de componentes principales, se pudo resumir en cuatro CPs (Tabla 1). El primer componente principal (CP1-Frecuencia de canto) agrupó parámetros espectrales del canto; los otros tres componentes principales agruparon parámetros temporales del canto (CP2-Duración y tasa de pulsos; CP3-Número de pulsos; CP4-Duración canto). Ninguno de estos CPs se relacionó con la temperatura o tamaño corporal del macho emisor de los cantos (Tabla 2). Una representación gráfica de dos parámetros del canto de anuncio (frecuencia dominante, duración canto) que han sido cuantificados en descripciones publicadas previamente para otras poblaciones de *H. tatayoi*, sugiere que hay poca variación geográfica intraespecífica (Fig. 4).

Table 1. Results of the principal component analysis used to reduce the number of parameters quantified in the advertisement call of the glass frog *Hyalinobatrachium tatayoi*. The figures correspond to loadings, that is, the level and trend of correlation of each variable with each of the principal components. The call parameters assigned to each principal component (PC) were those with loadings ≥ 0.66 (highlighted in bold and with an asterisk). Additionally, the eigenvalues and the explained variation of each PC are shown.

Tabla 1. Resultados del análisis de componentes principales utilizado para reducir el número de parámetros cuantificados al canto de anuncio de la rana de cristal *Hyalinobatrachium tatayoi*. Las cifras corresponden a cargas, es decir, el nivel y tendencia de correlación de cada variable con cada uno de los componentes principales. Los parámetros del canto asignados a cada componente principal (CP) fueron aquellos con cargas ≥ 0.66 (se resaltan en negrita y con asterisco). Adicionalmente, se muestran los autovalores y la variación explicada de cada CP.

Parámetro del canto de anuncio	Componentes principales			
	CP1	CP2	CP3	CP4
Frecuencia dominante del canto completo (kHz)	0.876*	0.334	0.014	0.138
Frecuencia máxima (kHz)	0.691*	0.681	-0.007	0.019
Frecuencia mínima (kHz)	0.886*	-0.131	0.185	-0.153
Frecuencia dominante en parte inicial del canto (kHz)	0.769*	-0.044	-0.182	0.426
Frecuencia dominante en parte media del canto (kHz)	0.889*	0.295	0.005	-0.186
Frecuencia dominante en parte final del canto (kHz)	0.862*	0.388	0.012	-0.044
Frecuencia del primer armónico (kHz)	0.802*	0.161	-0.199	-0.127
Duración parte tonal del canto (ms)	-0.208	-0.756*	0.552	-0.093
Número de pulsos	0.164	0.944*	0.055	-0.155
Duración entre pulsos (ms)	-0.103	-0.664*	-0.124	-0.330
Duración del canto (ms)	0.016	-0.043	0.966*	0.036
Duración de pulsos (ms)	-0.110	-0.018	0.027	0.941*
Tasa de pulsos (pulsos/s)	0.159	0.925*	-0.234	-0.163
Autovalor	6.296	2.407	1.331	1.250
Porcentaje de variación explicada	37.814	27.829	10.917	10.239

Canto de cortejo

Grabamos 230 cantos de cortejo emitidos por nueve machos. Registramos dos tipos de canto de cortejo, uno de ellos tenía una estructura tonal (tipo Mew sensu Greer & Wells, 1980) y el otro una estructura pulsada (tipo Chirp sensu Greer & Wells, 1980) (Fig. 5). En algunos casos, registramos los dos tipos de canto de cortejo en un mismo macho.

El canto de cortejo tipo Chirp fue emitido por nueve machos y tuvo una duración de $108.73 \text{ ms} \pm 27.87$ (rango = $70.4 - 152.2$ ms). Este tipo de canto consistió en de una parte pulsada seguida de una parte tonal. El número de pulsos por canto fue de $7.83 \text{ pulsos} \pm 6.30$ (rango = $3 - 22$ pulsos) y la duración de cada pulso fue de $3.23 \text{ ms} \pm 1.29$ (rango = $2 - 5.8$ ms). El tiempo transcurrido

entre pulsos fue de $6.40 \text{ ms} \pm 4.13$ (rango = $1.6 - 12.4$ ms). La parte tonal de este tipo de canto tuvo una duración de $45.03 \text{ ms} \pm 17.37$ (rango = $15 - 68.75$ ms). La frecuencia dominante del canto fue de $4.33 \text{ kHz} \pm 0.33$ (rango = $4.13 - 5.17$ kHz), la frecuencia mínima fue de $3.47 \text{ kHz} \pm 0.21$ (rango = $3.19 - 3.76$ kHz) y la frecuencia máxima fue de $5.27 \text{ kHz} \pm 0.53$ (rango = $4.70 - 6.47$ kHz).

En nuestras grabaciones detectamos hasta dos armónicos en el canto de cortejo tipo Chirp; el primer armónico sucedió a $7.90 \text{ kHz} \pm 1.45$ (rango = $6.17 - 9.99$ kHz; $N = 7$ machos) y el segundo armónico sucedió a $10.75 \text{ kHz} \pm 0.34$ (rango = $10.51 - 10.99$ kHz; $N = 2$ machos). Registramos una muy leve modulación en la frecuencia de este tipo de canto de cortejo; la frecuencia dominante en la parte inicial del canto fue de $4.21 \text{ kHz} \pm 0.15$

Table 2. Results of the simple regression analyzes indicating the absence of a relationship between spectral and temporal parameters of the advertisement call in the glass frog *Hyalinobatrachium tatayoi* (summarized in principal components, PCs) with temperature and body size (Snout-Vent Length, SVL) of the male emitting the call.

Tabla 2. Resultados de los análisis de regresión simple señalando ausencia de relación entre parámetros espectrales y temporales del canto de anuncio en la rana de cristal *Hyalinobatrachium tatayoi* (resumidos en componentes principales, CPs) con temperatura y tamaño corporal (Longitud Hocico-Cloaca, LHC) del macho emisor del canto.

	Temperatura corporal (°C)	Tamaño corporal (mm)
CP1-Frecuencia de canto	F = 0.412; β = 0.146; P = 0.528	F = 1.166; β = -0.240; P = 0.294
CP2-Número de pulsos	F = 0.485; β = 0.158; P = 0.495	F = 0.001; β = -0.008; P = 0.972
CP3-Duración del canto	F = 1.294; β = 0.253; P = 0.269	F = 0.001; β = -0.006; P = 0.980
CP4-Duración de pulsos	F = 1.511; β = 0.271; P = 0.234	F = 0.032; β = 0.041; P = 0.859

(rango = 3.96 – 4.41 kHz, N= 9 machos) mientras que, en la parte final del canto fue de 4.31 kHz \pm 0.15 (rango = 4.13 – 4.51 kHz, N= 9 machos) (Apéndice 1.2).

El canto de cortejo tipo Mew fue emitido por siete machos y tuvo una duración de 102.27 ms \pm 73.69 (rango = 21.67 – 242.33 ms), una frecuencia dominante de 4.22 kHz \pm 0.14 (rango =

3.98 – 4.42 kHz), una frecuencia mínima de 3.67 kHz \pm 0.20 (rango = 3.40 – 3.95 kHz) y una frecuencia máxima de 4.83 kHz \pm 0.06 (rango = 4.76 – 4.93 kHz). En este tipo de canto de cortejo, registramos uno o dos armónicos; el primer armónico tuvo una frecuencia de 7.55 kHz \pm 0.99 (rango = 6.23 – 8.68 kHz; N= 7 machos) y el segundo armónico sucedió a una frecuencia de 11.63 kHz \pm 1.81 (rango = 8.61 – 13.13 kHz; N= 5 machos). Registramos

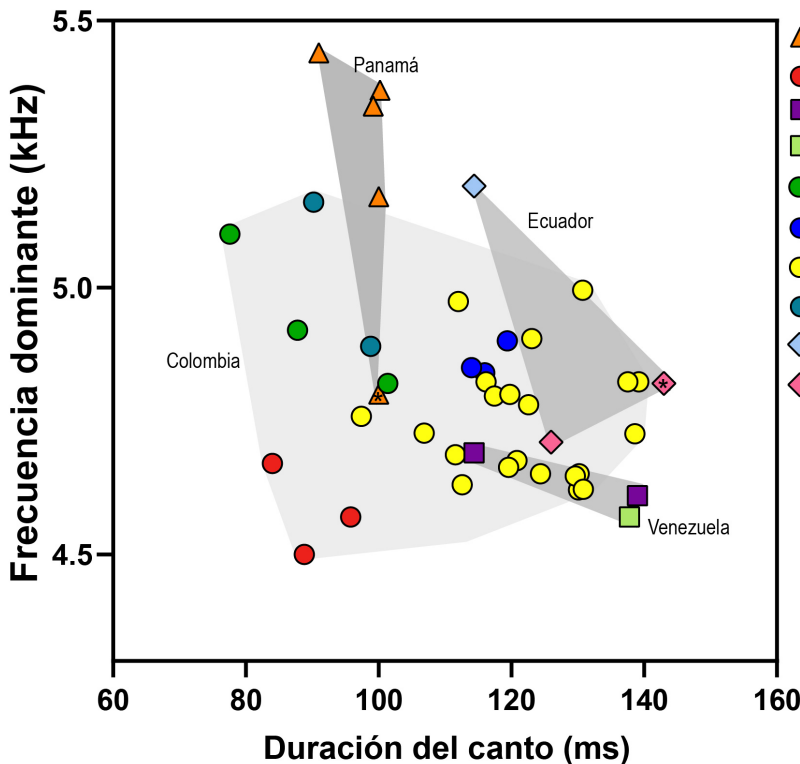


Figure 4. Graphic representation of the acoustic space (based on Duration and Dominant Frequency) of the advertisement call of the glass frog *Hyalinobatrachium tatayoi* (Centrolenidae) for populations (A-J) distributed in Venezuela, Colombia, Ecuador and Panamá. Each symbol represents an individual from a given locality and country, except in the case of recordings made by Greer and Wells (1980) for locality A and recordings made by Guayasamin et al (2020) for locality J (differentiated with an asterisk, *). In these two cases, the average values obtained from five and four individuals are represented, respectively. For the name and geographical location of each locality, see Fig. 1 and Appendix 2.

Figura 4. Representación gráfica del espacio acústico (con base en Duración y Frecuencia dominante) del canto de anuncio de la rana de cristal *Hyalinobatrachium tatayoi* (Centrolenidae) para poblaciones (A-J) distribuidas en Venezuela, Colombia, Ecuador y Panamá. Cada símbolo representa un individuo de una localidad y país determinado, excepto en el caso de grabaciones hechas por Greer y Wells (1980) para la localidad A y grabaciones realizadas por Guayasamin et al (2020) para la localidad J (diferenciadas con asterisco, *). En estos dos casos se representan los valores promedio obtenidos a partir de cinco y cuatro individuos, respectivamente. Para nombre y ubicación geográfica de cada localidad ver Fig. 1 y Apéndice 2.



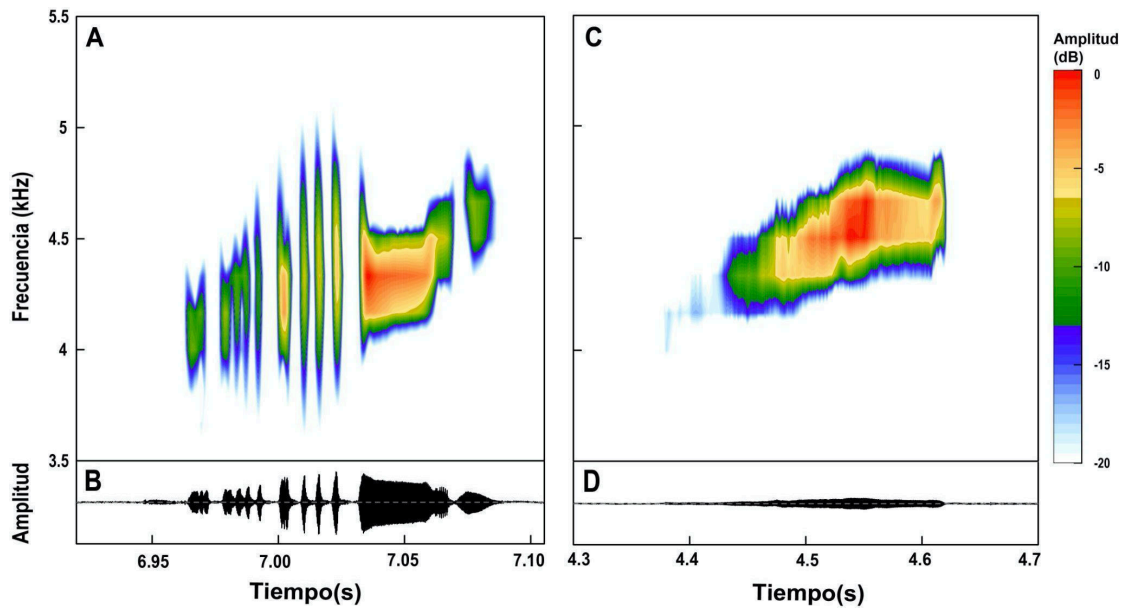


Figure 5. Spectrogram and Oscillogram of two types of courtship calls in the glass frog *Hyalinobatrachium tatayoi*. Courtship call type Chirp sensu Greer and Wells (1980) (A, B) and courtship call type Mew sensu Greer and Wells (1980) (C, D). Note that the Mew-type courtship call is emitted at a lower relative amplitude than the Chirp-type call. In Appendix 4 you can see the video of a male (snout-vent length: 21.52 mm) emitting courtship call (male recorded on September 2nd, 2022 at a height of 1.70 m above the water surface).

Figura 5. Espectrograma y Oscilograma de dos tipos de canto de cortejo en la rana de cristal *Hyalinobatrachium tatayoi*. Canto de cortejo tipo Chirp sensu Greer y Wells (1980) (A, B) y canto de cortejo tipo Mew sensu Greer y Wells (1980) (C, D). Nótese que el canto de cortejo tipo Mew se emite a una amplitud relativa menor que el canto tipo Chirp. En el Apéndice 4 se puede observar el video de un macho (longitud hocico-cloaca: 21.52 mm) emitiendo canto de cortejo (macho grabado en septiembre 2 de 2022 a una altura de 1.70 m sobre la superficie del agua).

muy poca modulación en la frecuencia del canto de cortejo; la frecuencia dominante en la parte inicial del canto fue de $4.15 \text{ kHz} \pm 0.29$ (rango = 3.70 – 4.54 kHz, N= 7 machos) y en la parte final del canto fue de $4.20 \text{ kHz} \pm 0.18$ (rango = 3.88 – 4.42 kHz, N= 7 machos) (Apéndice 1.3).

Canto de auxilio

Obtuvimos grabaciones de dos cantos de auxilio emitidos por un macho de *H. tatayoi* con un LHC = 24.5 mm (Fig. 6a). Este canto de auxilio es pulsátil y consistió en una serie de pulsos (promedio = 116 pulsos por canto ± 49.50 ; rango = 81 – 151 pulsos) muy cortos ($\leq 1 \text{ ms}$). La duración de este canto de auxilio fue de $125.5 \text{ ms} \pm 17.68$ (rango = 113 – 138 ms). La frecuencia dominante del canto fue de $4.65 \text{ kHz} \pm 1.71$ (rango = 3.44 – 5.86 kHz), la frecuencia mínima fue de $2.46 \text{ kHz} \pm 0.01$ (rango = 2.45 – 2.47 kHz) y la frecuencia máxima fue de $7.43 \text{ kHz} \pm 0.41$ (rango = 7.13 – 7.72 kHz). En los cantos de auxilio registramos hasta tres armónicos; el primer armónico sucedió a una frecuencia de $5.51 \text{ kHz} \pm 0.49$ (5.17 – 5.86), el segundo a $7.07 \text{ kHz} \pm 0.47$ (6.74 – 7.41), el tercero a 8.79 kHz (presente solo en un canto). Este tipo de canto exhibió una modulación de frecuencia mayor a la registrada para los cantos de anuncio y cortejo; la frecuencia dominante en la parte inicial del canto de auxilio fue de $3.36 \text{ kHz} \pm 0.12$ (rango = 3.27

– 3.44 kHz), en la parte media del canto fue de $4.65 \text{ kHz} \pm 1.70$ (rango = 3.44 – 5.85 kHz) y en la parte final del canto fue de $4.74 \text{ kHz} \pm 1.58$ (rango = 3.62 – 5.86 kHz). Nuestra grabación permitió visualizar la frecuencia fundamental en uno de los dos cantos registrados, la cual fue de 2.928 kHz.

Obtuvimos seis cantos de auxilio para una hembra de LHC = 23.67 mm (Fig. 6b). Este canto tuvo una estructura pulsátil similar al canto de auxilio descrito previamente para un macho (Fig. 6a). El promedio del número de pulsos por canto fue de 78.67 ± 19.73 (rango = 56 – 92 pulsos), la duración de cada pulso fue $\leq 1 \text{ ms}$. En promedio, el canto de auxilio emitido por la hembra tuvo una duración de $112.83 \text{ ms} \pm 18.60$ (rango: 85 – 134 ms), la frecuencia dominante fue de $4.05 \text{ kHz} \pm 0.28$ (rango = 3.62– 4.31 kHz), la frecuencia mínima fue de $3.06 \text{ kHz} \pm 0.49$ (rango = 2.48 – 3.59 kHz) y la frecuencia máxima fue de $5.52 \text{ kHz} \pm 0.63$ (rango = 4.76 – 6.42 kHz). En el canto de auxilio emitido por la hembra, registramos la presencia de hasta cuatro armónicos; el primer armónico sucedió a una frecuencia de $4.97 \text{ kHz} \pm 0.28$ (rango = 4.48 – 5.18 kHz), el segundo sucedió a $6.48 \text{ kHz} \pm 0.40$ (rango = 6.03 – 6.90 kHz), el tercero a $7.79 \text{ kHz} \pm 0.45$ (rango = 7.40 – 8.44 kHz) y el cuarto a $9.07 \text{ kHz} \pm 0.55$ (rango = 8.44 – 9.47 kHz). Hubo una amplia modulación de frecuencia en este canto de auxilio, la

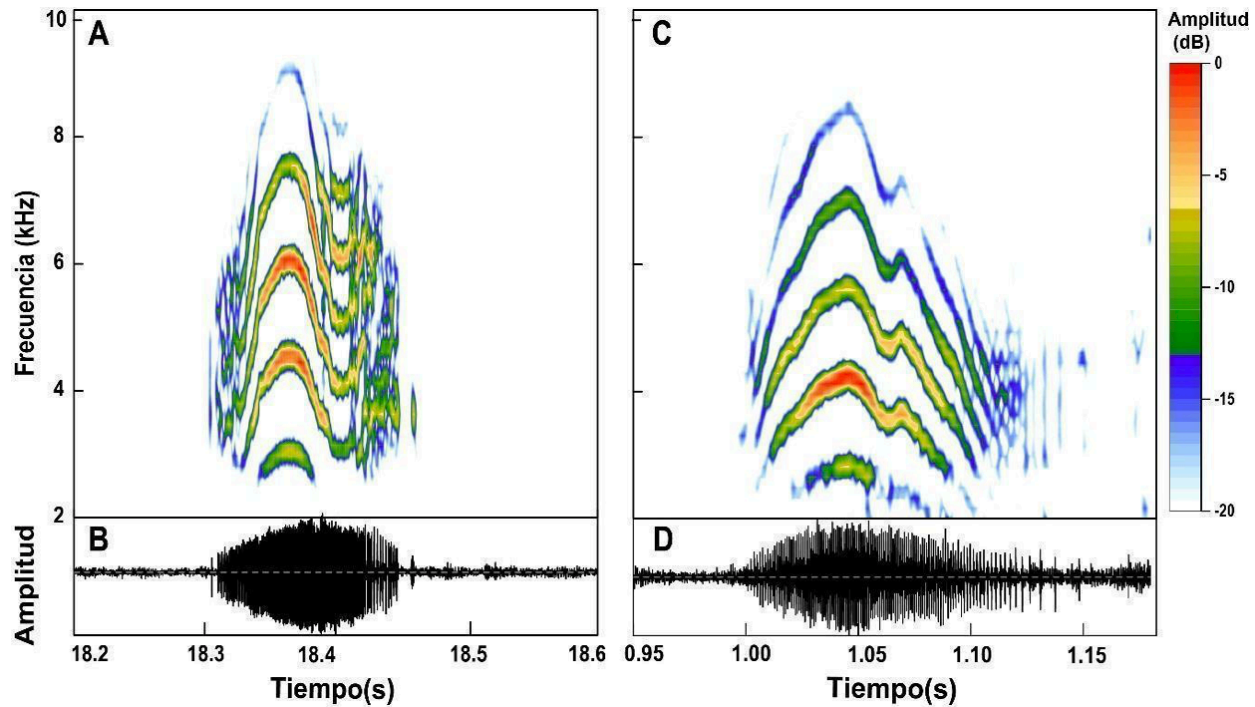


Figure 6. Spectrogram and Oscillogram of the distress call recorded from a male (A, B) and a female (C, D) of the glass frog *Hyalinobatrachium tatayoi*. Note that the frequency modulation in this type of call is greater than that present in the advertisement call (Fig. 3) and courtship calls (Fig. 4).

Figura 6. Espectrograma y Oscilograma del canto de auxilio registrado a un macho (A, B) y una hembra (C, D) de la rana de cristal *Hyalinobatrachium tatayoi*. Nótese que la modulación de frecuencia en este tipo de canto es mayor que la presente en el canto de anuncio (Fig. 3) y los cantos de cortejo (Fig. 4).

frecuencia dominante en la parte inicial del canto fue de $4.11 \text{ kHz} \pm 0.43$ (rango = $3.45 - 4.65 \text{ kHz}$), en la parte media del canto fue de $3.53 \text{ kHz} \pm 0.74$ (rango = $2.07 - 4.13 \text{ kHz}$) y en la parte final del canto fue de $3.73 \text{ kHz} \pm 0.83$ (rango = $2.07 - 4.31 \text{ kHz}$).

DISCUSIÓN

Describimos el canto de anuncio y el canto de cortejo de la rana de cristal *H. tatayoi* para una población ubicada en la vertiente occidental de la cordillera Central de Colombia. Nuestra descripción del canto de anuncio para *H. tatayoi* es la más detallada de las publicadas hasta la fecha para esta especie (Greer & Wells, 1980; Castroviejo-Fisher et al., 2007; Mendoza-Henao et al., 2020; Guayasamin et al., 2022) y es la única en evaluar cuantitativamente, la posible relación entre los parámetros de este tipo de canto con tamaño y temperatura corporal de los machos (Gerhardt & Huber, 2002). Además, describimos por primera vez el canto de auxilio emitido por un macho y una hembra de *H. tatayoi*.

El canto de anuncio de *H. tatayoi* tiene una estructura tipo Trii y Tic (Duarte-Marín et al., 2022), y parece exhibir una leve variación geográfica intraespecífica en algunos de sus

parámetros espectrales y temporales (Mendoza-Henao et al., 2020; Barona-Cortés & Mendoza-Henao, 2022; Fig. 4 y Apéndice 2). Con respecto al canto de anuncio descrito para la localidad tipo en Venezuela (Castroviejo-Fisher et al., 2007), encontramos que el promedio de la frecuencia dominante del canto es levemente menor en comparación a nuestra población de estudio, mientras que, la duración promedio del canto, pareciera ser ligeramente mayor. Esta tendencia es similar a la mencionada por Barona-Cortés y Mendoza-Henao (2022) cuando comparan los valores promedio de estos parámetros del canto entre poblaciones colombianas con el canto de la población en la localidad tipo (Venezuela).

Sin embargo, dicha diferenciación tiende a desaparecer cuando se tiene en cuenta la variabilidad en los parámetros de canto (Fig. 4). Con respecto al canto de anuncio en la localidad de la Isla Barro Colorado, Panamá (Greer & Wells, 1980; Mendoza-Henao et al., 2020), se observa que en esta población la frecuencia dominante de canto no parece diferir de la registrada en nuestra población de estudio y, en general, de la registrada en las poblaciones sudamericanas. En cuanto a la duración, el canto es levemente más largo en nuestra población de estudio

y en poblaciones de Ecuador y Venezuela que en la población panameña, pero en general, no se diferencia de la duración registrada en poblaciones colombianas (Fig. 4).

Una comparación más detallada del canto de anuncio entre poblaciones de *H. tatayoi* no es factible a la fecha, dado que generalmente no se han cuantificado en detalle varios parámetros del canto (e.g., duración de pulsos, duración del intervalo entre pulsos, tasa de pulsos) (Greer & Wells, 1980; Castroviejo-Fisher et al., 2007; Mendoza-Henao et al., 2020; Guayasamin et al., 2022). Además, en estos estudios no se ha evaluado el potencial efecto que puede tener el tamaño y la temperatura corporal del macho en algunos parámetros del canto (Gerhardt & Huber, 2002; Vargas-Salinas & Amézquita, 2014). En anuros, la variación geográfica intraespecífica en los parámetros temporales de las señales acústicas se puede deber a diferencias en la temperatura ambiental entre poblaciones, ya que estos vertebrados son ectotermos y su metabolismo y el funcionamiento de los músculos asociados a la producción de cantos está influenciado por este factor ambiental (Gerhardt & Huber, 2002; Wells, 2007). En cuanto a tamaño corporal, la frecuencia dominante del canto está relacionada de forma inversa a esta característica morfológica (Trivers, 1972; Gingras et al., 2013; Vargas-Salinas & Amézquita et al., 2014). Es decir, individuos y especies de tamaño corporal grande tienden a producir frecuencias de canto más graves que individuos y especies de tamaño corporal pequeño. Por lo tanto, la variación geográfica en tamaño corporal implica, generalmente, variación geográfica en frecuencia de canto (Narins & Smith, 1984; Ryan & Wilczynski, 1991; Tonini et al., 2020).

En nuestra población de estudio, la temperatura y tamaño corporal de los machos no se relacionó con los parámetros de su canto de anuncio; sin embargo, los resultados de este análisis a nivel intrapoblacional no deben generalizarse a nivel interpoblacional. Por último, el tamaño de muestra es pequeño para la mayoría de poblaciones de *H. tatayoi* a las cuales se le ha descrito el canto de anuncio (e.g., 3-4 machos grabados versus 21 machos en este estudio). Un mayor número de machos grabados por población podría incrementar la variabilidad intrapoblacional en los parámetros de canto analizados y, con ello, desvanecer aparentes diferencias entre poblaciones basadas en tamaños de muestra pequeños (Fig. 4).

Al igual que Greer y Wells (1980) reportaron para una población en Isla Barro Colorado, Panamá, en nuestra población de estudio reportamos que los machos de *H. tatayoi* emiten dos tipos de canto de cortejo (tipo Mew y tipo Chirp). Una comparación detallada de la estructura del canto de cortejo entre estas dos poblaciones

es limitada debido a que, Greer y Wells (1980) cuantifican tres parámetros acústicos (Duración de canto, Frecuencia más baja y Frecuencia más alta), mientras que nosotros hacemos una caracterización basada en 9 – 13 parámetros acústicos (Apéndice 1.2 y 1.3). El canto tipo Mew parece tener una menor duración promedio en nuestra población de estudio (102.27 ms) que en la población panameña (270 ms) estudiada por Greer y Wells (1980); una tendencia opuesta es aparente en el canto tipo Chirp (población colombiana: 108.73 ms; población panameña: 100 ms). Esta diferencia interpoblacional en la duración del canto de cortejo podrían deberse a diversos factores, por ejemplo, diferencias en la temperatura corporal del macho en el momento de obtener la grabación de su canto (Gerhardt & Huber, 2002). Corroborar el efecto de este factor en el canto de cortejo en *H. tatayoi* requerirá de un mayor número de poblaciones con este tipo de canto caracterizado. A pesar de estas limitaciones en la información disponible, el canto de cortejo que obtuvimos para *H. tatayoi* sigue una tendencia recurrente en el canto de cortejo descrito para otras ranas de cristal y anuros en general, es decir, es más largo y variable en estructura que el canto de anuncio (Rosen & Lemon, 1974; Greer & Wells, 1980; Wells, 1980; Jacobson, 1985; Owen & Tucker, 2006; Hütter et al., 2013).

En anuros, el canto de cortejo y auxilio se ha estudiado mucho menos que el canto de anuncio (Wells, 2007; Köhler et al., 2017). Esta tendencia es consistente para especies en Colombia (Rivera-Correa et al., 2021) y otros países o regiones neotropicales (Lee, 1996; Lescure & Marty, 2000; Guerra et al., 2018; Duellman, 2001, 2005). Recientemente, se ha descrito el canto de auxilio para especies de diversas familias de anuros (e.g., Hylidae, Bufonidae, Strabomantidae; Toledo & Haddad, 2009; Duarte-Marín et al., 2019; Rueda-Solano et al., 2020; Pisso-Florez et al., 2023; Barros-Granados et al., 2023) encontrándose que puede ser emitido por machos y hembras, y que su estructura difiere significativamente de la estructura del canto de anuncio emitido por machos (Hödl & Gollmann, 1986; Toledo & Haddad, 2009; Santana et al., 2013). Esta diferencia en estructura fue evidente en nuestro análisis de señales acústicas para *H. tatayoi*. En descripciones que se han hecho sobre el canto de auxilio en otras especies de Centrolenidae (e.g., *Espadarana prosoblepon*, Rios-Soto et al., 2017; *Nymphargus grandisonae*, Hütter et al., 2013; *N. pijao*, Arcila-Pérez et al., 2017), se ha registrado, de forma recurrente, que el canto de auxilio tiene una mayor modulación de amplitud y de frecuencia que el canto de anuncio. La función del canto de auxilio en anuros no es clara, aunque se cree que podría emitirse cuando el individuo es atacado por un depredador y así, cumplir una función de advertir a conespecíficos de un eventual riesgo de mortalidad o incluso, asustar al depredador (Wells, 2007; Toledo et al., 2014).

Dentro del repertorio acústico de *H. tatayoi* también se ha documentado y descrito el canto agonístico (Greer & Wells, 1980). La descripción de cantos agonísticos ha sido pocas veces registrada en especies de Centrolenidae (Hütter et al., 2013; Duarte-Marín et al., 2022) aunque se conoce de combates físicos en diversas especies (e.g., *Centrolene bucleyi* Bolívar et al., 1999; *Centrolene daidaleum* Rojas-Runjaic & Cabello, 2011; *Nymphargus grandisonae* Hütter et al., 2013; *Espadarana prosoblepon* Hedman & Hughey, 2015; *Sachatamia albomaculata* Barría et al., 2023). Durante las salidas de campo realizadas al área de estudio no registramos combates físicos ni interacciones de tipo territorial y acústico entre machos de *H. tatayoi*. Sin embargo, ellos son fieles a pequeñas áreas a lo largo de la quebrada y en algunos casos, hemos registramos dos o más machos cantando y cortejando hembras a menos de 1.5 metros de distancia (datos no publicados). Por lo tanto, no descartamos que en nuestra población de estudio se den encuentros en los cuales los machos emitan cantos agonísticos como parte de su despliegue territorial.

En conclusión, con los resultados publicados en este y otros estudios (Greer & Wells, 1980; Castroviejo-Fisher et al., 2007; Mendoza-Henao et al., 2020; Guayasamin et al., 2022) se conocen los parámetros temporales y espectrales de cuatro tipos de canto para la rana de cristal *H. tatayoi*: canto de anuncio, canto de cortejo, canto de auxilio y canto agonístico. Todo este repertorio de señales acústicas es emitido por los machos; para las hembras solo se ha registrado la emisión de canto de auxilio. Aunque no todos los parámetros de estos tipos de canto han sido cuantificados, *H. tatayoi* se convierte en una de las especies de Centrolenidae en que mejor se conoce su repertorio acústico (otros ejemplos pueden ser *Nymphargus grandisonae* y *Centrolene savagei*; Díaz-Gutiérrez et al., 2013; Hütter et al., 2013; Rios-Soto et al., 2017).

Poco a poco las ranas de cristal se han convertido en un excelente modelo de estudio y conocer en detalle el repertorio de sus señales acústicas, así como su variabilidad entre poblaciones, ayudaría mucho a conocer aspectos de biología evolutiva en vertebrados. Además, dado que las ranas de cristal han sido recientemente incluidas en el apéndice II de CITES (www.cites.org), conocer los parámetros de sus señales acústicas, especialmente el canto de anuncio, ayudaría en el monitoreo de poblaciones con miras a su conservación.

Agradecimientos.– Agradecemos a PH Carvajal “Nacho” y M Gallo por permitirnos ingresar al área de estudio, por su amabilidad y el soporte logístico brindado en la fase de campo de este estudio. Además, agradecemos a JD Carvajal-Castro, L

Cifuentes-Serna, V Rodríguez-Correa, S González-Alzate, LF Arcila-Pérez y demás integrantes del grupo de Investigación en Evolución, Ecología y Conservación (EECO) de la Universidad del Quindío por su colaboración en campo. Agradecemos a la Vicerrectoría de investigaciones de la Universidad del Quindío por proporcionar los permisos necesarios para esta investigación bajo el proyecto “Diversidad e Historia natural de anfibios y reptiles en el departamento del Quindío, Colombia”. Especial agradecimiento con A Mendoza-Henao por compartir información sobre registros y análisis de cantos de *H. tatayoi* provenientes de diferentes localidades. Durante esta investigación se cumplieron con todas las normas éticas para el cuidado y manipulación de los ejemplares dictados por las instituciones, internacionales y regionales.

LITERATURA CITADA

- Angulo, A., J.V. Rueda-Almonacid, J.V Rodríguez-Mahecha & E. La Marca. (Eds.). 2006. Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina. Conservación Internacional. Serie Manuales de Campo N2. Panamericana Formas e Impresos SA, Bogotá, Colombia.
- Annibale, F.S., V.T. De Sousa, F.R. Da Silva & C.G. Murphy. 2020. Geographic variation in the acoustic signals of *Dendropsophus nanus* (Boulenger 1889) (Anura: Hylidae). *Herpetologica* 76:267-277.
- Arcila-Pérez, L.F., J.A. Rios-Soto, O.S. Montilla, C.A. Londoño-Guarnizo, C. Gómez & F. Vargas-Salinas. 2017. Vocalizations and natural history in populations of a glassfrog assigned to *Nymphargus griffithsi* in Central Andes of Colombia. *Herpetological Review* 48:275-280.
- Ashton, K.G. & C.R. Feldman. 2003. Bergmann's rule in nonavian reptiles: turtles follow it, lizards and snakes reverse it. *Evolution* 57:1151-1163.
- Barona-Cortés, E. & A.M. Mendoza-Henao. 2022. *Hyalinobatrachium tatayoi*. Catálogo de anfibios y reptiles de Colombia 8:43-54.
- Barría, E.A., J. Ashcroft, A. De Gracia, A. Baules, M. Quiroz, M. Miranda, A. Batista & R.D. Fuentes. 2023. Agonistic behaviour in the White-spotted Glassfrog, *Sachatamia albomaculata* (Taylor, 1949), with a report of interspecific amplexus. *Herpetology Notes* 16:71-74.
- Barros-Granados, A.A., J.L. Pérez-González, Guerra, R.O. & L.A. Rueda-Solano. 2023. New records of the lovely leaf frog



- Phyllomedusa venusta* from Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia with description of the female release call. The Herpetological Bulletin 166:14-17.
- Baum, D.A. & D.S. Smith. 2012. Tree Thinking: an Introduction to Phylogenetic Biology. Greenwood Village, CO: Roberts. USA.
- Berger-Tal, O. & D. Saltz. (Eds.). 2016. Conservation Behavior: Applying Behavioral Ecology to Wildlife Conservation and Management. Cambridge University Press, Cambridge, USA.
- Bernal, X.E., C. Guarnizo & H. Lüddecke. 2005. Geographic variation in advertisement call and genetic structure of *Colostethus palmatus* (Anura, Dendrobatidae) from the Colombian Andes. Herpetologica 61:395-408.
- The Cornell Lab of Ornithology. Research Program. 2011. Raven Pro: interactive sound analysis software (version 1.4). Ithaca (NY): The Cornell Lab of Ornithology. <http://www.birds.cornell.edu/raven>.
- Bolívar-G, W., T. Grant & L.A. Osorio. 1999. Combat behavior in *Centrolene buckleyi* and other centrolenid frogs. Alytes 16:77-83.
- Boughman, J.W. 2002. How sensory drive can promote speciation. Trends in Ecology & Evolution 17:571-577.
- Castroviejo-Fisher, S., José Ayarzagüena & C. Vila. 2007. A new species of *Hyalinobatrachium* (Centrolenidae: Anura) from Serranía de Perijá, Venezuela. Zootaxa 1441:51-62.
- Chen, Z. & J.J. Wiens. 2020. The origins of acoustic communication in vertebrates. Nature Communication 11:369.
- Clemmons, J.R. & R. Buchholz. 1997. Behavioral Approaches to Conservation in the Wild. Cambridge University Press, Cambridge, USA.
- Cliff, N. 1988. The eigenvalues-greater-than-one rule and the reliability of components. Psychological Bulletin 103:276.
- Delia, J., D.F. Cisneros-Heredia, J. Whitney & R. Murrieta-Galindo. 2010. Observations on the reproductive behavior of a Neotropical glassfrog, *Hyalinobatrachium fleischmanni* (Anura: Centrolenidae). South American Journal of Herpetology 5:1-12.
- Duarte-Marín, S., K.J. López-Molina & L.F. Arcila-Pérez. 2019. Defensive behavior in *Hyloscirtus larinopygion* Duellman, 1973 (Anura: Hylidae). Herpetology Notes 12:509-511.
- Duarte-Marín, S., M. Rada, M. Rivera-Correa, V. Caorsi, E. Barona, G. González-Durán & F. Vargas-Salinas. 2022. Tic, Tii and Trii calls: advertisement call descriptions for eight glass frogs from Colombia and analysis of the structure of auditory signals in Centrolenidae. Bioacoustics 32:143-180.
- Duellman, W.E. 2001. The Hylid frogs of Middle America. Natural History Museum of the University of Kansas, Ithaca, New York, USA.
- Duellman, W.E. & L. Trueb. 1994. Biology of Amphibians. The Johns Hopkins University press, Baltimore, USA.
- Escalona, M., P. Ivo Simões, A. Gonzalez-Voyer & S. Castroviejo-Fisher. 2019. Neotropical frogs and mating calls: The evolution of advertisement calls in glassfrogs. Journal of Evolutionary Biology 32:163-176.
- Florez, G.A.P., A.F. Liévano-Bonilla, A.M. Mendoza-Henao & S. Duarte-Marín. 2023. The distress call and range extension of the Hermosas Robber frog, *Pristimantis racemus* (Anura: Strabomantidae). Revista Latinoamericana de Herpetología 6:23-31.
- Foster, S. A. & J.A. Endler. (Eds.). 1999. Geographic Variation in Behavior: Perspectives on Evolutionary Mechanisms. Oxford University Press, England, U.K.
- Frost, D.R. 2024. Amphibian species of the world: an online reference. Version 6.1 electronic database. American Museum of Natural History, New York. Available from <https://amphibiansoftheworld.amnh.org>.
- Gerhardt, H.C. & F. Huber. 2002. Acoustic Communication in Insects and Anurans: Common Problems and Diverse Solutions. University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Gillooly, J.F. & A.G. Ophir. 2010. The energetic basis of acoustic communication. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 277:1325-1331.
- Gingras, B., M. Boeckle, C.T. Herbst & W.T. Fitch. 2013. Call acoustics reflect body size across four clades of anurans. Journal of Zoology 289:143-150.
- Gosling, L.M. & W.J. Sutherland (Eds.). 2000. Behavior and conservation. Cambridge University Press, Cambridge, USA.



- Greer, B.J. & K.D. Wells. 1980. Territorial and reproductive behavior of the tropical American frog *Centrolenella fleischmanni*. *Herpetologica* 36:318-326.
- Guayasamin, J.M., R.M. Brunner, A. Valencia-Aguilar, D. Franco-Mena, E. Ringler, A.M. Armijos, C. Morochz, L. Bustamante, R.J. Maynard & J. Culebras, J. 2022. Two new glassfrogs (Centrolenidae: *Hyalinobatrachium*) from Ecuador, with comments on the endangered biodiversity of the Andes. *PeerJ* 10:e13109.
- Guerra, V., D. Llusia, P.G. Gambale, A.R. De Morais, R. Márquez & R.P. Bastos. 2018. The advertisement calls of Brazilian anurans: Historical review, current knowledge and future directions. *PLoS ONE* 13:e0191691.
- Guerra, V., D. Llusia, P.G. Gambale, A.R.D. Morais, R. Márquez & R.P. Bastos. 2018. The advertisement calls of Brazilian anurans: Historical review, current knowledge and future directions. *PLoS One*, 13:e0191691.
- Hedman, H.D. & M.C. Hughey. 2015. Body size, humeral spine size, and aggressive interactions in the emerald glass frog, *Espadarana prosoblepon* (Anura: Centrolenidae) in Costa Rica. *Mesoamerican Herpetology* 2:500-508.
- Heyer, W.R., M.A. Donnell, R.W. McDiarmid, L.C. Hayek & M.S. Foster. 1994. *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C, USA.
- Hödl, W. & G. Gollmann. 1986. Distress calls in Neotropical frogs. *Amphibia-Reptilia* 7:11-21.
- Hütter, C.R., S. Esobar-Lasso, J.A. Rojas-Morales, P.D.A. Gutiérrez-Cárdena, H. Imb. & J.M. Guayasamin. 2013. The territoriality, vocalizations and aggressive interactions of the red-spotted glassfrog, *Nymphargus grandisonae*, Cochran and Goin, 1970 (Anura: Centrolenidae). *Journal of Natural History* 47:3011-3032.
- Ibáñez, D.R., A.S. Rand & C.A. Jaramillo. 1999. Los anfibios del Monumento Natural Barro Colorado, Parque Nacional Soberanía y áreas adyacentes. Editorial Mizrachi and Pujol, Panamá.
- IBM Corp. Released. 2019. *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 26.0*. Armonk, NY: IBM Corp.
- Irwin, D.E., S. Bensch & T.D. Price. 2001. Speciation in a ring. *Nature* 409:333-337.
- Jacobson, S.K. 1985. Reproductive behavior and male mating success in two species of glass frogs (Centrolenidae). *Herpetologica* 41:396-404.
- Köhler, J., M. Jansen, A. Rodríguez, P.J. Kok, L.F. Toledo, M. Emmrich, F. Glaw, C.F.B. Haddad, M.O. Rödel & M. Vences. 2017. The use of bioacoustics in anuran taxonomy: theory, terminology, methods and recommendations for best practice. *Zootaxa* 4251:1-124.
- Lee, J.C. 1996. *The Amphibians and Reptiles of the Yucatan Peninsula*. Ithaca. Cornell University Press, New York, USA.
- Lescure, J. & C. Marty. 2000. *Atlas des Amphibiens de Guyane*. Museum national d'histoire naturelle, Paris.
- López, C., M. Quispe, A. Villalón, M.L. Concha, M. Penna & N.A. Velásquez. 2020. Geographic variation in the laryngeal morphology of aG widely distributed South-American anuran: behavioural and evolutionary implications. *Zoological Journal of the Linnean Society* 190:140-148.
- Lott, D.F. 1984. Intraspecific variation in the social systems of wild vertebrates. *Behavior* 88:266-325.
- Meiri, S. & T. Dayan. 2003. On the validity of Bergmann's rule. *Journal of Biogeography* 30:331-351.
- Mendoza-Henao, A.M., E. Arias, J.H. Townsend & G. Parra-Olea. 2020. Phylogeny-based species delimitation and integrative taxonomic revision of the *Hyalinobatrachium fleischmanni* species complex, with resurrection of *H. viridissimum* (Taylor, 1942). *Systematics and Biodiversity* 18:464-484.
- Mendoza-Henao, A.M., K.R. Zamudio, J.M. Guayasamin, M. Escalona & G. Parra-Olea. 2022. Environment rather than character displacement explains call evolution in glassfrogs. *Evolution* 77:355-369
- Mittelbach, G.G. & B.J. McGill. 2019. *Community Ecology*. Oxford University Press, England, U.K.
- Montilla, S.O., L.F. Arcila-Pérez, M.P. Toro-Gómez, F. Vargas-Salinas & M. Rada. 2023. A multidisciplinary approach reveals a new species of glassfrog from Colombia (Anura: Centrolenidae: *Nymphargus*). *Zootaxa* 5271:1-48.
- Morrison, C. & J.M. Hero. 2003. Geographic variation in life-history characteristics of amphibians: a review. *Journal of Animal Ecology* 72:270-279.



- Narins, P.M. & A.S. Feng. 2006. Hearing and Sound Communication in Amphibians: Prologue and Prognostication. Springer New York, USA.
- Narins, P.M. & S.L. Smith. 1986. Clinal variation in anuran advertisement calls: basis for acoustic isolation?. Behavioral Ecology and Sociobiology 19:135-141.
- Narins, P.M. & S.L. Smith. 1986. Clinal variation in anuran advertisement calls: basis for acoustic isolation? Behavioral Ecology and Sociobiology 19:135-141.
- Owen, P.C. & J.K. Tucker. 2006. Courtship calls and behavior in two species of chorus frogs, genus *Pseudacris* (Anura: Hylidae). Copeia 2006:137-144.
- Peres-Neto, P.R., D.A. Jackson & K.M. Somers. 2005. How many principal components? Stopping rules for determining the number of non-trivial axes revisited. Computational Statistics Data Analysis 49:974-997.
- Pisso-Florez, G.A., A.F. Liévano-Bonilla, A.M. Mendoza-Henao & S. Duarte-Marín. 2023. The distress call and range extension of the Hermosas Robber frog, *Pristimantis racemus* (Anura: Strabomantidae). Revista Latinoamericana de Herpetología 6:23-31.
- Pough, F.H., R.M. Andrews, M.L. Crump, A.H. Savitzky, K.D. Wells & M.C. Bradley. 2016. Herpetology, 4th Edition. Sinauer Associates is an imprint of Oxford University Press, USA.
- R Development Core Team. 2023. R: A Language and Environment for Statistical Computing.
- Rios-Soto, J., A.M. Ospina-L, M.C. Basto-Riascos, J. López-Caro & F. Vargas-Salinas. 2017. Description of the distress call in *Espadarana prosoblepon* and the post-amplexus vocal display in *Centrolene savagei* (Anura: Centrolenidae). Herpetology Notes 10:27-29.
- Rivera-Correa, M., A.M. Ospina-L, M. Rojas-Montoya, K. Venegas-Valencia, L.A. Rueda-Solano, P.D.A. Gutiérrez-Cárdenas & F. Vargas-Salinas. 2021. Cantos de las ranas y los sapos de Colombia: estado actual del conocimiento y perspectivas de investigación en ecoacústica. Neotropical Biodiversity 7:350-363.
- Rojas-Runjaic, F.J.M. & P. Cabello. 2011. *Centrolene daidaleum* (Ruiz-Carranza & Lynch, 1991) (Anura, Centrolenidae): a glassfrog with primitive and derived combat behavior. Zootaxa 2011:60-64
- Rosen, M. & R.E. Lemon. 1974. The vocal behavior of spring peepers, *Hyla crucifer*. Copeia 940-950.
- Rueda-Solano, L.A., J.L. Pérez-González, M. Rivera-Correa & F. Vargas-Salinas. 2020. Acoustic signal diversity in the harlequin toad *Atelopus laetissimus* (Anura: Bufonidae). Copeia 108:503-513.
- Ryan, M.J. 1988. Constraints and patterns in the evolution of anuran acoustic communication. Pp. 637-677. En: B. Frittsch (Ed.), The evolution of the amphibian auditory system. John Wiley & Sons, USA.
- Ryan, M.J. & W. Wilczynski. 1991. Evolution of intraspecific variation in the advertisement call of a cricket frog (*Acris crepitans* Hylidae). Biological Journal of the Linnean Society 44:249-272.
- Santana, D.J., V.G. Orrico, V.D.A. São-Pedro & R.N. Feio. 2013. Distress call of *Hypsiboas leucocheilus* (Caramaschi and Niemeyer, 2003) (Anura, Hylidae). Herpetology Notes 6:289-293.
- Schneider, H. & U. Sinsch. 2007. Contributions of Bioacoustics to the taxonomy of the Anura. Pp 2893-2933. En: H. Heatwole & M. Tyler (Eds.), Amphibian Biology Volume 7. Surrey Beatty & Sons, Australia.
- Seehausen, O., Y. Terai, I.S. Magalhaes, K.L. Carleton, H.D.J. Mrosso, R. Miyagi, I. van der Sluijs, M.V. Schneider, M.E. Maan, H. Tachida, H. Imai & N. Okada. 2008. Speciation through sensory drive in cichlid fish. Nature 455:620-626.
- Sueur, J., T. Aubin & C. Simonis. 2008. Seewave, a free modular tool for sound analysis and synthesis. Bioacoustics 18:213-226.
- Tessarolo, G., N.M. Maciel, A. Ribeiro Morais & R.P. Bastos. 2016. Geographic variation in advertisement calls among populations of *Dendropsophus cruzi* (Anura: Hylidae). The Herpetological Journal 26:219-227.
- Toledo, L.F., C. Fernando & B. Haddad. 2009. Defensive vocalizations of Neotropical anurans. South American Journal of Herpetology 4:25-42.
- Toledo, L.F., I.A. Martins, D.P. Bruschi, M.A. Passos, C. Alexandre & C.F. Haddad. 2014. The anuran calling repertoire in the light of social context. Acta Ethologica 18:87-99.
- Tonini, J.F.R., D.B. Provete, N.M. Maciel, A.R. Morais, S. Goutte, L.F. Toledo & R.A. Pyron. 2020. Allometric escape from acoustic



- constraints is rare for frog calls. *Ecology and Evolution* 10:3686-3695.
- Vargas-Salinas, F. & A. Amézquita. 2014. Abiotic noise, call frequency, and stream-breeding anuran assemblages. *Evolutionary Ecology* 28:341-359.
- Vargas-Salinas, F., A. Dorado-Correa & A. Amézquita. 2014. Microclimate and stream noise predict geographic divergence in the auditory signal of a threatened poison frog. *Biotropica* 46:748-755.
- Vargas-Salinas, F., A. Dorado-Correa & A. Amézquita. 2014. Microclimate and stream noise predict geographic divergence in the auditory signal of a threatened poison frog. *Biotropica* 46:748-755.
- Vitt, L.J. & J.P. Caldwell. 2014. *Herpetology. An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*, 4th Edition. Elsevier Inc.
- Vitt, L.J. 2013. Walking the natural-history trail. *Herpetologica* 69:105-117.
- Wells, K.D. & J.J. Schwartz. 1982. The effect of vegetation on the propagation of calls in the neotropical frog *Centrolenella fleischmanni*. *Herpetologica* 38:449-455.
- Wells, K.D. 2007. *The Ecology and Behavior of Amphibians*, University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Wilczynski, W. & M.J. Ryan. 1999. Geographic variation in animal communication systems. Pp. 234-261. En S.A. Foster, S.A. & J.A. Endler (Eds.), *Geographic Variation in Behavior*. Oxford University Press, England, U.K.
- Wilkins, M.R., N. Seddon & R.J. Safran. 2013. Evolutionary divergence in acoustic signals: causes and consequences. *Trends in Ecology & Evolution* 28:156-166.



APÉNDICE 1

Valores de los parámetros temporales y espectrales del canto de la rana de cristal *Hyalinobatrachium tatayoi*.

Apéndice 1.1

Valores de los parámetros temporales y espectrales del canto de anuncio de *Hyalinobatrachium tatayoi*. Los parámetros temporales están representados en milisegundos (ms) y los espectrales en Kilohertz (kHz), el tamaño corporal se registró como la longitud hocico-cloaca (LHC) en milímetros (mm) y la temperatura del individuo en grados centígrados (°C). Para cada una de estas variables se registra, cuando aplica, el valor promedio seguido de desviación estándar y rango en paréntesis. Grabaciones de algunos cantos representativos fueron depositados en la Colección de Sonidos Ambientales del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH-CSA).

Página siguiente.

APPENDIX 1

Values of the temporal and spectral parameters of the calls of the glass frog *Hyalinobatrachium tatayoi*.

Appendix 1.1

Values of the temporal and spectral parameters of the *Hyalinobatrachium tatayoi* advertisement call. The temporal parameters are represented in milliseconds (ms) and the spectral ones in Kilohertz (kHz), the body size was recorded as the snout-vent length (SVL) in millimeters (mm) and the temperature of the individual in degrees Celsius (°C). For each of these variables, when applicable, the average value is recorded followed by the standard deviation and range in parentheses. Recordings of some representative calls were deposited in the Environmental Sounds Collection of the Alexander von Humboldt Biological Resources Research Institute (IAvH-CSA).

Next page.

No. de individuo	No. de cantos	LHC (mm)	Temperatura (°C)	Duración del canto (ms)	Número de pulsos	Duración del pulso (ms)	Duración de interpulso (ms)	Tasa Pulsos (No. pulsos/s)	Frecuencia dominante (kHz)	Frecuencia mínima (kHz)
1	14	23.9	19.75	116.21 ± 6.6 (101 - 128)	10.5 ± 2.74 (4 - 14)	4.14 ± 0.77 (3.0 - 5.0)	1.21 ± 0.80 (1.0 - 4.0)	90.42 ± 23.88 (36.36 - 128.71)	4.82 ± 0.00	3.77 ± 0.14 (3.20 - 4.02)
2	68	24.99	21.99	120.84 ± 7.19 (83 - 133)	6.96 ± 1.06 (5 - 10)	3.13 ± 0.57 (2.0 - 7.0)	2.63 ± 0.48 (2.0 - 3.0)	57.83 ± 10.39 (40.65 - 97.09)	4.68 ± 0.06 (4.65 - 4.99)	3.93 ± 0.05 (3.70 - 4.30)
3	9	22.16	21.3	106.89 ± 15.0 (69.0 - 118.0)	9.22 ± 1.48 (6 - 11)	4.67 ± 0.87 (3.0 - 6.0)	1.33 ± 0.5 (1 - 2)	86.91 ± 12.79 (76.27 - 115.79)	4.73 ± 0.13 (4.65 - 4.82)	3.78 ± 0.07 (3.67 - 3.77)
4	28	22.88	21.35 ± 1.32 (21.1 - 28.1)	139.21 ± 9.98 (110 - 148)	10.04 ± 2.80 (5 - 15)	5.14 ± 1.17 (4.0 - 8.0)	1.71 ± 0.46 (1.0 - 2.0)	71.72 ± 18.94 (44.78 - 123.89)	4.82 ± 0.00	4.04 ± 0.11 (3.77 - 4.20)
5	13	22.1	21.2	130.77 ± 6.8 (113 - 137)	14.85 ± 2.88 (9 - 20)	3.15 ± 0.68 (2.0 - 4.0)	2.08 ± 0.27 (2.0 - 3.0)	112.96 ± 18.12 (79.65 - 145.99)	5.00 ± 0.07 (4.82 - 5.17)	4.30 ± 0.19 (4.00 - 4.60)
6	23	22.78	21.59 ± 1.57 (19.7 - 22.8)	139.34 ± 10.01 (113 - 150)	8.17 ± 3.97 (4 - 17)	4.61 ± 1.03 (3.0 - 7.0)	2.17 ± 0.94 (1.0 - 5.0)	59.32 ± 31.44 (28.17 - 141.59)	4.73 ± 0.11 (4.48 - 4.82)	3.95 ± 0.10 (3.79 - 4.15)
7	13	23.9	21	115.85 ± 9.5 (106 - 140)	5.85 ± 0.55 (5 - 7)	4.04 ± 1.15 (3.0 - 6.0)	1.73 ± 0.63 (1.0 - 3.0)	50.88 ± 7.27 (40.65 - 86.04)	4.80 ± 0.06 (4.65 - 4.82)	3.74 ± 0.18 (3.34 - 3.96)
8	11	22.9	21.4	137.55 ± 3.4 (132 - 144)	5.36 ± 0.67 (4 - 6)	2.55 ± 0.5 (2.0 - 3.0)	2 ± 0.00	38.98 ± 4.68 (29.20 - 44.78)	4.82 ± 0.00	4.16 ± 0.06 (3.99 - 4.22)
9	22	24.38	20.44 ± 0.15 (20.3 - 20.6)	119.77 ± 11.5 (104 - 140)	8.09 ± 1.23 (6 - 11)	2.82 ± 0.5 (2.0 - 4.0)	1.55 ± 0.51 (1.0 - 2.0)	67.48 ± 7.23 (54.05 - 83.97)	4.80 ± 0.06 (4.65 - 4.82)	3.97 ± 0.22 (3.52 - 4.22)
10	34	22.1	20.75	123.06 ± 10.5 (95.0 - 139)	7.76 ± 1.56 (6 - 12)	2.97 ± 0.3 (2.0 - 4.0)	2.00 ± 0.65 (1.0 - 3.0)	63.89 ± 13.41 (43.17 - 101.69)	4.90 ± 0.09 (4.65 - 4.99)	4.04 ± 0.09 (3.78 - 4.16)
11	17	23.09	20.5	112.59 ± 6.33 (104 - 129)	3.59 ± 0.51 (3 - 4)	3.76 ± 0.75 (3.0 - 6.0)	3.47 ± 0.51 (3.0 - 4.0)	31.86 ± 4.17 (26.55 - 38.46)	4.63 ± 0.06 (4.48 - 4.65)	3.94 ± 0.10 (3.72 - 4.06)
12	12	24.38	18.5	122.58 ± 7.1 (105 - 130)	9.50 ± 1.31 (7 - 11)	2.75 ± 0.75 (2.0 - 4.0)	1.50 ± 0.52 (1.0 - 2.0)	77.37 ± 6.71 (62.50 - 88.00)	4.78 ± 0.08 (4.65 - 4.82)	3.92 ± 0.05 (3.80 - 3.98)
13	14	21.9	21	119.57 ± 11.3 (84 - 134)	7.0 ± 0.67 (5.0 - 8.0)	3.07 ± 0.26 (3.0 - 4.0)	2.33 ± 0.26 (2.0 - 3.0)	56.66 ± 3.88 (52.24 - 66.12)	4.66 ± 0.12 (4.31 - 4.82)	3.77 ± 0.07 (3.67 - 3.93)
14	17	22.71	18.2	130.12 ± 15.4 (89 - 150)	4.35 ± 0.99 (2.0 - 6.0)	3.24 ± 0.66 (2.0 - 5.0)	4.0 ± 0.71 (3.0 - 5.0)	33.40 ± 6.61 (19.61 - 43.80)	4.62 ± 0.07 (4.48 - 4.65)	4.01 ± 0.12 (3.81 - 4.27)
15	8	20.97	20.1	112 ± 8.7 (95 - 123)	9.88 ± 1.36 (7 - 11)	2.38 ± 0.51 (2 - 3)	2 ± 0.00	87.88 ± 7.58 (73.68 - 98.21)	4.97 ± 0.06 (4.82 - 4.99)	4.24 ± 0.21 (4.04 - 4.68)
16	8	23.9	19.71	97.38 ± 11 (74 - 113)	11.63 ± 1.18 (10 - 13)	2.75 ± 0.46 (2 - 3)	2.38 ± 0.74 (1 - 3)	21.43 ± 24.12 (99.01 - 175.68)	4.76 ± 0.09 (4.65 - 4.82)	3.92 ± 0.15 (3.65 - 4.10)
17	13	24.98	20.3	130.23 ± 3.0 (125 - 135)	8.08 ± 1.12 (6 - 10)	3.08 ± 0.86 (2 - 5)	1.77 ± 0.44 (1 - 2)	62.00 ± 6.33 (47.24 - 76.34)	4.65 ± 0.00	3.79 ± 0.17 (3.58 - 4.08)
18	43	22.1	20.2	129.65 ± 8.9 (111 - 144)	9.63 ± 2.19 (4 - 13)	3.02 ± 0.64 (2 - 5)	2.21 ± 0.46 (1 - 3)	73.97 ± 14.98 (31.25 - 96.30)	4.65 ± 0.10 (4.48 - 4.82)	3.66 ± 0.14 (3.33 - 3.96)
19	10	22.5	19.3	124.4 ± 5.5 (115 - 133)	7.1 ± 0.57 (6 - 8)	3.10 ± 0.32 (3 - 4)	2 ± 0.00	57.08 ± 4.08 (52.17 - 66.67)	4.65 ± 0.00	3.95 ± 0.06 (3.87 - 4.05)
20	24	22.43	17.4	111.58 ± 7.2 (95 - 124)	5.50 ± 0.98 (4 - 8)	3.0 ± 0.6 (2 - 4)	2 ± 0.00	49.35 ± 8.73 (36.04 - 71.43)	4.69 ± 0.07 (4.65 - 4.82)	3.91 ± 0.05 (3.79 - 3.99)
21	6	22.52	20.2	130.83 ± 7.4 (122 - 138)	14.5 ± 3.02 (9 - 17)	2.0 ± 0.63 (1 - 3)	1.83 ± 0.41 (1 - 3)	111.31 ± 24.14 (65.22 - 131.15)	4.62 ± 0.71 (4.48 - 4.65)	3.81 ± 0.24 (3.09 - 3.83)



Continuación apéndice 1.1

No. de Individuo	Frecuencia máxima (kHz)	Frecuencia del primer armónico (kHz)	Frecuencia del segundo armónico (kHz)	Frecuencia del tercer armónico (kHz)	Frecuencia dominante (parte inicial del canto)	Frecuencia dominante (parte media del canto)	Frecuencia dominante (parte final del canto)	Código de grabación IAVH-CSA
1	5.37 ± 0.05 (5.18 – 5.57)	9.23 ± 1.05 (6.20–9.47)	12.06 ± 3.41 (9.65 – 14.47)	16.97 ± 3.53 (14.47 – 19.47)	3.97 ± 0.04 (3.96 – 4.13)	4.48 ± 0.24 (4.13 – 4.65)	4.82 ± 0.00	37366
2	5.17 ± 0.05 (5.10 – 5.49)	9.64 ± 0.15 (9.30 – 9.99)	14.59 ± 0.08 (14.47 – 14.64)		3.95 ± 0.17 (3.34 – 4.48)	4.60 ± 0.11 (4.31 – 4.82)	4.79 ± 0.11 (4.65 – 4.99)	37364
3	5.24 ± 0.13 (4.97 – 5.43)	9.47 ± 0.17 (9.13 – 9.64)	14.10 ± 0.42 (13.28 – 14.12)		4.02 ± 0.17 (3.78 – 4.31)	4.42 ± 0.15 (4.13 – 4.48)	4.67 ± 0.13 (4.48 – 4.82)	37370
4	5.40 ± 0.11 (5.18 – 5.62)	9.59 ± 0.09 (9.47 – 9.82)	14.44 ± 0.17 (14.29 – 14.65)	19.27 ± 0.21 (19.12 – 19.42)	4.21 ± 0.13 (3.96 – 4.48)	4.59 ± 0.08 (4.48 – 4.65)	4.81 ± 0.08 (4.65 – 4.99)	37365
5	5.75 ± 0.20 (5.47 – 6.29)	9.99 ± 0.27 (9.65 – 10.33)			4.32 ± 0.24 (4.13 – 4.82)	4.88 ± 0.20 (4.31 – 5.17)	4.98 ± 0.24 (4.48 – 5.17)	37362
6	5.25 ± 0.06 (5.12 – 5.42)	9.13	13.61		4.16 ± 0.19 (3.96 – 4.65)	4.43 ± 0.10 (4.31 – 4.65)	4.65 ± 0.14 (4.31 – 4.82)	37374
7	5.22 ± 0.03 (5.18 – 5.26)	9.45 ± 0.20 (8.9 – 9.64)	14.23 ± 0.16 (13.95 – 14.47)	19.06 ± 0.09 (18.95 – 19.12)	3.96 ± 0.27 (3.44 – 4.48)	4.48 ± 0.12 (4.31 – 4.65)	4.73 ± 0.09 (4.65 – 4.82)	37367
8	5.25 ± 0.02 (5.20 – 5.29)	9.47			4.09 ± 0.08 (3.96 – 4.13)	4.57 ± 0.12 (4.31 – 4.65)	4.81 ± 0.05 (4.65 – 4.82)	37369
9	5.30 ± 0.09 (5.16 – 5.67)	9.66 ± 0.15 (9.30 – 9.82)	14.62 ± 0.18 (14.29 – 14.82)	18.78	3.96 ± 0.24 (3.44 – 4.31)	4.64 ± 0.06 (4.47 – 4.82)	4.81 ± 0.05 (4.65 – 4.82)	37378
10	5.36 ± 0.04 (5.29 – 5.47)	9.68 ± 0.17 (9.47 – 9.99)			4.15 ± 0.19 (3.79 – 4.65)	4.66 ± 0.14 (4.31 – 4.99)	4.88 ± 0.09 (4.65 – 4.99)	37373
11	5.05 ± 0.05 (4.90 – 5.12)	9.28 ± 0.23 (8.57 – 9.47)	13.72 ± 0.12 (13.44 – 13.95)		4.02 ± 0.19 (3.79 – 4.65)	4.31 ± 0.09 (4.13 – 4.48)	4.50 ± 0.06 (4.48 – 4.65)	37372
12	5.35 ± 0.08 (5.15 – 5.46)	10.01 ± 1.61 (9.30 – 14.29)			4.15 ± 0.17 (3.96 – 4.65)	4.44 ± 0.21 (4.13 – 4.82)	4.74 ± 0.09 (4.65 – 4.82)	37363
13	5.11 ± 0.13 (4.68 – 5.20)	9.40 ± 0.16 (9.13 – 9.65)	14.30		3.83 ± 0.10 (3.62 – 3.96)	4.44 ± 0.99 (4.13 – 4.48)	4.63 ± 0.92 (4.31 – 4.65)	37377
14	5.03 ± 0.09 (4.86 – 5.21)	9.28 ± 0.14 (8.78 – 9.47)	13.90 ± 0.16 (13.61 – 14.25)		3.80 ± 0.21 (3.44 – 3.96)	4.43 ± 0.09 (4.31 – 4.60)	4.61 ± 0.07 (4.48 – 4.65)	37379
15	5.46 ± 0.14 (5.23 – 5.78)	9.92 ± 0.14 (9.65 – 9.99)	14.86 ± 0.07 (14.81 – 14.99)		4.11 ± 0.14 (3.97 – 4.31)	4.80 ± 0.06 (4.65 – 4.82)	4.97 ± 0.06 (4.82 – 4.99)	37380
16	5.41 ± 0.15 (5.20 – 5.71)	9.51 ± 0.14 (9.30 – 0.65)	14.41 ± 0.2 (14.3 – 14.6)		4.07 ± 0.12 (3.96 – 4.31)	4.59 ± 0.09 (4.48 – 4.65)	4.78 ± 0.08 (4.65 – 4.82)	37381
17	5.08 ± 0.08 (4.98 – 5.21)	9.22 ± 0.14 (9.13 – 9.48)	13.61 ± 0.00	18.60	3.37 ± 0.19 (3.27 – 3.96)	4.40 ± 0.08 (4.31 – 4.48)	4.60 ± 0.08 (4.48 – 4.65)	37368
18	5.24 ± 0.23 (4.71 – 5.93)	9.39 ± 0.17 (8.96 – 9.65)	14.10 ± 0.36 (12.30 – 14.73)	18.74 ± 0.14 (18.60 – 18.95)	3.59 ± 0.25 (3.27 – 4.13)	4.36 ± 0.16 (4.13 – 4.65)	4.60 ± 0.16 (4.31 – 4.82)	37371
19	5.09 ± 0.04 (5.02 – 5.13)	9.30 ± 0.10 (9.13 – 9.47)	13.95		4.08 ± 0.08 (3.97 – 4.13)	4.44 ± 0.07 (4.31 – 4.48)	4.62 ± 0.07 (4.48 – 4.65)	37375
20	5.25 ± 0.07 (5.12 – 5.39)	9.44 ± 0.11 (9.30 – 9.65)	13.95		4.14 ± 0.22 (3.62 – 4.48)	4.49 ± 0.04 (4.48 – 4.65)	4.66 ± 0.03 (4.65 – 4.82)	37376
21	5.32 ± 0.16 (5.12 – 5.53)	9.13 ± 0.19 (8.96 – 9.48)			3.67 ± 0.08 (3.62 – 3.79)	4.45 ± 0.07 (4.31 – 4.48)	4.65	37383



Apéndice 1.2

Valores de los parámetros temporales y espectrales del canto de cortejo tipo Chirp (sensu Greer & Wells, 1980) de la rana de cristal *Hyalinobatrachium tatayoi*. Los parámetros temporales están representados en milisegundos (ms) y los espectrales en Kilohertz (kHz), el tamaño corporal se registró como la Longitud Hocico-Cloaca (LHC) en milímetros (mm), y la temperatura del individuo en grados centígrados (°C). Para cada una de estas variables se registra, cuando aplica, el valor promedio seguido de desviación estándar y rango en paréntesis. Grabaciones de algunos cantos representativos fueron depositados en la Colección de Sonidos Ambientales del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH-CSA).

Appendix 1.2

Values of the temporal and spectral parameters of the Chirp-type courtship call (sensu Greer & Wells, 1980) of the glass frog *Hyalinobatrachium tatayoi*. The temporal parameters are represented in milliseconds (ms) and the spectral ones in Kilohertz (kHz), the body size was recorded as the Snout-Vent Length (SVL) in millimeters (mm), and the temperature of the individual in degrees Celsius (°C). For each of these variables, when applicable, the average value is recorded followed by the standard deviation and range in parentheses. Recordings of some representative calls were deposited in the Environmental Sounds Collection of the Alexander von Humboldt Biological Resources Research Institute (IAvH-CSA).

No. de individuo	No. de cantos	LHC (mm)	Temperatura (°C)	Duración del canto (ms)	Número de pulsos	Duración del pulso (ms)	Duración de inter-pulso (ms)	Duración parte tonal canto (ms)
1	5	22.88	21.1	70.40 ± 51.32 (37 – 160)	5 ± 3.39 (3 – 11)	4 ± 0.71 (3 – 5)	12.4 ± 7.9 (6 – 26)	42.00
2	5	23.9	21.00	138 ± 87.46 (130 – 148)	7.6 ± 1.67 (6 – 10)	5.8 ± 3.3 (2 – 10)	1.6 ± 1.3 (1 – 4)	59.40 ± 4.5 (54 – 66)
3	5	20.8		75.60 ± 22.79 (47 – 101)	14 ± 8.72 (7 – 29)	2.4 ± 0.9 (1 – 3)	1.6 ± 0.9 (1 – 3)	26 ± 8.5 (18 – 35)
4	1	22.1	21.2	123.00	22.00	2.00	2.00	15.00
5	1	22.78	22.8	119.00	3.00	4.00	9.00	59.00
6	1	24.99	22.1	89	3.00	2.00	6.00	52.00
7	13	21.94	20.4	115.15 ± 36.7 (25 – 167)	6.92 ± 3.66 (1 – 14)	2.07 ± 0.76 (1 – 4)	6.2 ± 2.6 (1 – 11)	68.75 ± 35.48 (23 – 151)
8	38	24.28	20.3	96.16 ± 51.39 (11 – 206)	4.5 ± 3.17 (1 – 14)	3.84 ± 1.68 (1 – 8)	7.12 ± 3.93 (1 – 16)	34.3 ± 25.69 (19 – 64)
9	42	22.1	20.2	152.21 ± 38.20 (84 – 271)	4.43 ± 1.68 (2 – 9)	2.95 ± 1.4 (2 – 10)	11.64 ± 7.5 (2 – 29)	48.75 ± 8.0 (42 – 60)

Frecuencia dominante (kHz)	Frecuencia mínima (kHz)	Frecuencia máxima (kHz)	Frecuencia del primer armónico (kHz)	Frecuencia del segundo armónico (kHz)	Frecuencia dominante inicial del canto	Frecuencia dominante (parte media del canto)	Frecuencia dominante final del canto	Código de grabación IAvH-CSA
4.44 ± 0.14 (4.31 – 4.65)	3.51 ± 0.10 (3.37 – 3.62)	5.67 ± 0.41 (5.19 – 6.32)	9.32		4.24 ± 0.23 (3.97 – 4.48)	4.37 ± 15.42 (4.31 – 4.65)	4.51 ± 0.08 (4.48 – 4.65)	37385
4.13 ± 0.00	3.45 ± 0.10 (3.28 – 3.58)	5.13 ± 0.16 (4.86 – 5.72)	6.17 ± 0.19 (5.86 – 6.37)		4.41 ± 0.26 (4.13 – 4.65)	4.24 ± 0.38 (3.96 – 4.65)	4.13	37386
4.13 ± 0.12 (3.96 – 4.31)	3.23 ± 0.16 (3.00 – 3.37)	5.39 ± 0.53 (4.83 – 6.21)	7.46 ± 1.04 (6.37 – 8.44)	10.51 ± 2.92 (8.44 – 12.57)	4.10 ± 0.14 (3.96 – 4.13)	4.03 ± 0.09 (3.96 – 4.13)	4.16 ± 0.08 (4.13 – 4.31)	37390
5.17	3.77	6.47	10.00		4.31	4.31	4.48	
4.13	3.69	4.70			4.13	4.13	4.48	
4.32	3.70	4.78	8.27		3.96	4.13	4.13	37384
4.29 ± 0.13 (4.13 – 4.48)	3.36 ± 0.19 (3.13 – 3.69)	5.11 ± 0.25 (4.62 – 5.52)	6.20		4.31 ± 0.18 (3.96 – 4.65)	4.25 ± 0.19 (3.96 – 4.48)	4.31 ± 0.14 (4.13 – 4.48)	37389
4.21 ± 0.31 (3.62 – 4.65)	3.19 ± 0.15 (2.92 – 3.56)	5.08 ± 0.31 (4.03 – 5.56)			4.35 ± 0.39 (3.27 – 5.19)	4.05 ± 0.40 (3.27 – 4.65)	4.30 ± 0.26 (3.62 – 4.65)	37387
4.14 ± 0.20 (3.79 – 4.65)	3.30 ± 0.22 (2.98 – 3.99)	5.13 ± 0.56 (3.65 – 6.72)	7.89 ± 0.82 (6.03 – 9.13)	10.99 ± 1.28 (8.27 – 12.57)	4.08 ± 0.42 (3.27 – 4.65)	4.16 ± 0.29 (3.44 – 4.65)	4.23 ± 0.24 (3.79 – 4.65)	37388



Apéndice 1.3

Valores de los parámetros temporales y espectrales del canto de cortejo tipo Mew (sensu Greer & Wells, 1980) de *Hyalinobatrachium tatayoi* obtenidas en este estudio. Los parámetros temporales están representados en milisegundos (ms) y los espectrales en Kiloherztz (kHz), el tamaño corporal se registró como la longitud hocico cloaca (LHC) en milímetros (mm), la temperatura del individuo en grados centígrados (°C). Para cada una de estas variables se registra, cuando aplica, el valor promedio seguido de desviación estándar y rango en paréntesis. Grabaciones de algunos cantos representativos fueron depositados en la Colección de Sonidos Ambientales del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH-CSA).

No. de individuo	No. de cantos	LHC (mm)	Temperatura (°C)	Duración del canto (ms)	Frecuencia dominante (kHz)	Frecuencia mínima (kHz)	Frecuencia máxima (kHz)
1	6	22.88	21.1	242.33 ± 17.13 (219 - 268)	4.32 ± 0.16 (4.04 - 4.48)	3.90 ± 0.06 (3.79 - 3.98)	4.84 ± 0.04 (4.79 - 4.90)
2	32	23.90	21.00	81.69 ± 28.78 (33 - 180)	4.16 ± 0.21 (3.96 - 4.65)	3.65 ± 0.24 (3.42 - 4.58)	4.76 ± 0.24 (4.32 - 5.12)
3	3	20.80	-	21.67 ± 11.55 (15 - 35)	4.42 ± 0.10 (4.31 - 4.48)	3.95 ± 0.13 (3.81 - 4.04)	4.89 ± 0.16 (4.70 - 4.99)
4	2	24.99	22.1	106.5 ± 17.68 (94 - 119)	4.31 ± 0.24 (4.13 - 4.48)	3.68 ± 0.02 (3.66 - 3.69)	4.77 ± 0.09 (4.70 - 4.84)
5	8	21.94	20.4	41.38 ± 30.7 (11 - 104)	4.16 ± 0.11 (3.96 - 4.31)	3.60 ± 0.19 (3.12 - 3.71)	4.79 ± 0.22 (4.46 - 5.11)
6	10	24.98	20.3	51.5 ± 26.62 (19 - 121)	3.98 ± 0.33 (3.62 - 4.65)	3.40 ± 0.23 (3.16 - 3.97)	4.93 ± 0.25 (4.64 - 5.45)
7	58	22.10	20.2	170.8 ± 61.23 (19 - 377)	4.22 ± 0.25 (3.79 - 4.74)	3.49 ± 0.19 (2.92 - 3.88)	4.82 ± 0.41 (4.13 - 6.59)

Appendix 1.3

Values of the temporal and spectral parameters of the Mew-type courtship call (sensu Greer & Wells, 1980) of *Hyalinobatrachium tatayoi* obtained in this study. The temporal parameters are represented in milliseconds (ms) and the spectral ones in Kiloherztz (kHz), the body size was recorded as the snout-vent length (SVL) in millimeters (mm), the temperature of the individual in degrees Celsius (°C). For each of these variables, when applicable, the average value is recorded followed by the standard deviation and range in parentheses. Recordings of some representative calls were deposited in the Environmental Sounds Collection of the Alexander von Humboldt Biological Resources Research Institute (IAvH-CSA).

Frecuencia del primer armónico (kHz)	Frecuencia del segundo armónico (kHz)	Frecuencia dominante inicial del canto	Frecuencia dominante (parte del canto)	Frecuencia dominante (parte media del canto)	Frecuencia dominante (parte final del canto)	Código de grabación IAvH-CSA
8.68 ± 0.08 (8.62 - 8.78)	13.13 ± 0.08 (13.09 - 13.26)	4.13 ± 0.08 (3.96 - 4.31)	4.22 ± 0.09 (4.13 - 4.31)	4.42 ± 0.09 (4.30 - 4.48)	4.42 ± 0.09 (4.30 - 4.48)	37385
6.23 ± 0.66 (4.99 - 8.10)	-	4.19 ± 0.30 (3.79 - 4.82)	4.12 ± 0.29 (3.79 - 4.65)	4.18 ± 0.17 (3.96 - 4.65)	4.18 ± 0.17 (3.96 - 4.65)	37386
6.37	-	4.54 ± 0.19 (4.31 - 4.65)	4.36 ± 0.19 (4.13 - 4.48)	4.36 ± 0.19 (4.13 - 4.48)	4.36 ± 0.19 (4.13 - 4.48)	37390
7.58 ± 1.22 (6.72 - 8.44)	8.61	3.70 ± 0.12 (3.62 - 3.79)	4.22 ± 0.12 (4.13 - 4.31)	4.31 ± 0.24 (4.13 - 4.46)	4.31 ± 0.24 (4.13 - 4.46)	37384
8.27	12.23	4.28 ± 0.25 (3.96 - 4.65)	4.16 ± 0.14 (3.96 - 4.48)	4.16 ± 0.11 (3.96 - 4.31)	4.16 ± 0.11 (3.96 - 4.31)	37389
7.23 ± 0.24 (7.06 - 7.41)	11.37	4.35 ± 0.47 (3.62 - 5.17)	4.05 ± 0.34 (3.62 - 4.65)	3.88 ± 0.28 (3.45 - 4.48)	3.88 ± 0.28 (3.45 - 4.48)	37387
8.48 ± 0.26 (8.07 - 8.96)	12.80 ± 0.39 (12.40 - 13.61)	3.85 ± 0.24 (3.44 - 4.48)	3.93 ± 0.16 (3.62 - 4.31)	4.13 ± 0.21 (3.79 - 4.46)	4.13 ± 0.21 (3.79 - 4.46)	37388



Apéndice 1.4

Parámetros temporales y espectrales del canto de auxilio de *Hyalinobatrachium tatayoi* obtenidas en este estudio. El tamaño corporal se registró como la longitud hocico-cloaca (LHC) en milímetros (mm). Para cada una de estas variables se registra, cuando aplica, el valor promedio seguido de desviación estándar y rango en paréntesis. Grabaciones de algunos cantos representativos fueron depositados en la Colección de Sonidos Ambientales del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH-CSA).

Appendix 1.4

Temporal and spectral parameters of the distress call of *Hyalinobatrachium tatayoi* obtained in this study. Body size was recorded as snout-vent length (SVL) in millimeters (mm). For each of these variables, when applicable, the average value is recorded followed by the standard deviation and range in parentheses. Recordings of some representative calls were deposited in the Environmental Sounds Collection of the Alexander von Humboldt Biological Resources Research Institute (IAvH-CSA).

No. de Individuo	Sexo	No. de cantos	LHC (mm)	Duración del canto (ms)	Número de pulsos	Duración del pulso (ms)	Frecuencia dominante (kHz)	Frecuencia mínima (kHz)	Frecuencia máxima (kHz)	Frecuencia del primer armónico (kHz)	Frecuencia del segundo armónico (kHz)	Frecuencia del tercer armónico (kHz)
1	Hembra	6	23.67	112.83 ± 18.6 (85 - 134)	78.67 ± 19.73 (56 - 92)	≤1 ± 0.00	4.05 ± 0.28 (3.62 - 4.31)	3.06 ± 0.49 (2.48 - 3.59)	5.52 ± 0.63 (4.76 - 6.42)	4.97 ± 0.28 (4.48 - 5.18)	6.48 ± 0.40 (6.03 - 6.89)	7.79 ± 0.45 (7.40 - 8.44)
2	Macho	2	24.99	125.5 ± 17.68 (113 - 138)	6.96 ± 1.06 (5 - 10)	3.13 ± 0.57 (2.0 - 7.0)	4.65 ± 1.71 (3.44 - 5.86)	2.46 ± 0.01 (2.45 - 2.47)	7.43 ± 0.41 (7.13 - 7.72)	5.51 ± 0.49 (5.17 - 5.86)	7.07 ± 0.47 (6.37 - 7.41)	8.78

No. de Individuo	Frecuencia del cuarto armónico (kHz)	Frecuencia dominante (parte inicial del canto)	Frecuencia dominante (parte media del canto)	Frecuencia dominante (parte final del canto)	Código de grabación IAvH-CSA
1	9.07 ± 0.55 (8.44 - 9.47)	4.11 ± 0.43 (3.44 - 4.65)	3.53 ± 0.74 (2.07 - 4.13)	3.73 ± 0.83 (2.07 - 4.31)	37391
2	-	3.36 ± 0.12 (3.27 - 3.44)	4.65 ± 1.71 (3.44 - 5.85)	4.74 ± 1.58 (3.62 - 5.86)	37392

APÉNDICE 2

Información de Localidades, tamaño corporal de machos (longitud hocico-cloaca, LHC) en milímetros (mm); temperatura ambiental (*) o temperatura corporal de macho grabado en grados centígrados (°C), y parámetros temporales y espectrales del canto de anuncio de la rana de cristal *Hyalinobatrachium tatayoi*, reportadas en literatura (columna: Fuente de Información). Cuando aplica, se reporta el valor promedio, desviación estándar y rango en paréntesis. La ausencia de valores para algunos parámetros se debe a que no se registró dicha información por parte de los autores del estudio correspondiente.

APPENDIX 2

Location Information, body size of males (snout-vent length, SVL) in millimeters (mm); environmental temperature (*) or body temperature of the recorded male in degrees Celsius (°C), and temporal and spectral parameters of the advertisement call of the glass frog *Hyalinobatrachium tatayoi*, reported in literature (column: Information Source). When applicable, the average value, standard deviation and range are reported in parentheses. The absence of values for some parameters is due to the fact that this information was not recorded by the authors of the corresponding study

Código (A-J) y Nombre de Localidad	Número de individuos grabados	LHC (mm)	Temperatura (°C)	Duración del canto (ms)	Tiempo entre cantos (ms)	Número de pulsos	Tasa de pulsos (No. de pulsos/s)	Frecuencia dominante (kHz)	Frecuencia mínima (kHz)	Frecuencia máxima (kHz)	Ancho de banda (kHz)	Primer armónico (kHz)	Fuente de Información
A: Isla de Barro Colorado, (BCI), Panamá	5	21 - 23	25 - 26 C*	100 ± 10 (80 - 140)	6000 - 16000	-	-	4.8 ± 0.7(4.3 - 5.3)	4.38 ± 0.14 (4.17 - 4.58)	5.22 ± 0.08 (5.08 - 5.33)	-	-	Greer y Wells (1980)
A: Isla de Barro Colorado (BCI), Panamá	4	-	-	97.68 ± 4.48 (91 - 100.3)	-	-	-	5.33 ± 0.11 (5.17-5.44)	4.465 ± 0.21 (4.15 - 4.61)	5.772 ± 0.12 (5.6 - 5.88)	1.31 ± 0.11 (1.2- 1.45)	-	Mendoza-Henao et al. (2020)
B: Capurgana, Cielo, Chocó, Colombia	3	-	-	89.53 ± 5.93 (84 - 95.8)	-	-	-	4.58 ± 0.08 (4.5 - 4.7)	3.92 ± 0.11 (3.79 - 4.0)	5.05 ± 0.10 (4.9 - 5.1)	1.13 ± 0.05 (1.07 - 1.16)	-	Mendoza-Henao et al. (2020); Mendoza-Henao et al. (2020)
C: Serranía de Perijá, Zulia, Venezuela	2	22.3 (21.5 - 24.4)	6.9 - 24.9 °C*	35 ± 0.16 (113 - 158)	-	4 - 12	-	4.65 ± 0.06 (4.56 - 4.73)	3.34 ± 0.71 (3.29 - 3.70)	4.99 ± 0.16 (4.68 - 5.22)	-	13.5	Castroviejo-Fisher et al. (2007)
D: Río frío, Mérida, Venezuela	1	-	-	137.8	-	-	-	4.57	3.86	5.00	1.14	-	Mendoza-Henao et al. (2020)
E: Lloro, Chocó, Colombia	3	-	-	88.9 ± 11.94 (77.6 - 101.4)	-	-	-	4.94 ± 0.14 (4.82 - 5.09)	4.24 ± 0.17 (4.09 - 4.43)	5.42 ± 0.12 (5.34 - 5.56)	1.19 ± 0.05 (1.14 - 1.25)	-	Mendoza-Henao et al. (2020)
F: La Dorada, Caldas, Colombia	3	-	20.29 ± 1.18 (17.4 - 21.99)	116.47 ± 2.73 (114 - 119.4)	-	8.45 ± 2.93 (3.59 - 14.85)	-	4.86 ± 0.03 (4.84 - 4.90)	4.27 ± 0.08 (4.19 - 4.34)	5.29 ± 0.04 (5.26 - 5.34)	1.01 ± 0.05 (0.97 - 1.07)	-	Mendoza-Henao et al. (2020)
G: Finca Villa Chela, La Tebaida, Colombia	21	23.03 ± 1.08 (20.97 - 24.99)	-	22.40 ± 10.96 (97.38 - 139.30)	-	-	69.75 ± 25.01 (31.86 - 121.43)	4.75 ± 0.11 (4.62 - 5.00)	3.93 ± 0.16 (3.66 - 4.30)	5.27 ± 0.16 (5.03 - 5.75)	-	9.49 ± 0.26 (9.13 - 10.01)	En este estudio
H: Cauchal, Valle del Cauca, Colombia	2	-	-	94.5 ± 6.08 (90.2 - 98.8)	-	-	-	5.03 ± 0.18 (4.9-5.16)	4.29 ± 0.30 (4.1- 4.5)	5.51 ± 0.22 (5.36 - 5.67)	1.21 ± 0.07 (1.16-1.21)	-	Mendoza-Henao et al. (2020)
I: Tesoro Escondido, Esmeralda, Ecuador	1	-	-	114.4	-	-	-	5.19	4.51	5.64	-1.13	-	Mendoza-Henao et al. (2020)
J: Jama Coaque, Esmeralda, Ecuador	1	-	-	126	-	-	-	4.71	3.85	5.13	-	-	Mendoza-Henao et al. (2020)
J: Reserva Jama Coaque, provincia de Manabí, Ecuador	4	-	-	143 ± 40 (76 - 276)	7640 ± 4920 (2050 - 2168)	-	-	4.82 ± 1.77 (4.45 - 5.11)	4.24 ± 0.34 (3.30 - 4.61)	5.14 ± 0.17 (4.83 - 5.40)	-	-	Guayasamin et al. (2022)



APÉNDICE 3

Video de un macho de la rana de cristal *Hyalinobatrachium tatayoi* (Longitud Hocico-Cloaca = 21.9 mm) emitiendo canto de anuncio. Macho grabado el 18 de noviembre de 2022, a una altura de 0.70 m sobre la superficie del agua.

<https://youtu.be/hGFsIx7AOjo>

APPENDIX 3

Video of a male glass frog *Hyalinobatrachium tatayoi* (Snout-Vent Length = 21.9 mm) emitting an advertisement call. Male recorded on November 18, 2022, at a height of 0.70 m above the water surface.

<https://youtu.be/hGFsIx7AOjo>

APÉNDICE 4

Video de un macho de la rana de cristal *Hyalinobatrachium tatayoi* (Longitud Hocico-Cloaca = 21.52 mm) emitiendo canto de cortejo a una hembra (Longitud Hocico-Cloaca = 22.57 mm). Macho grabado el 2 de septiembre de 2022, a una altura de 1.70 m sobre la superficie del agua.

<https://youtu.be/oKx-5RthRfA>

APPENDIX 4

Video of a male glass frog *Hyalinobatrachium tatayoi* (Snout-Vent Length = 21.52 mm) emitting courtship call to a female (Snout-Vent Length = 22.57 mm). Male recorded on September 2nd, 2022, at a height of 1.70 m above the water surface.

<https://youtu.be/oKx-5RthRfA>



HERPETOFAUNA DEL MUNICIPIO DE BALANCÁN, TABASCO, MÉXICO

HERPETOFAUNA OF THE MUNICIPALITY OF BALANCAN, TABASCO, MEXICO

Daniel Jesús-Espinosa^{1,5}, Pedro E. Nahuat-Cervera², Fernando M. Contreras-Moreno^{3,6*}, Nelson M. Cerón-de la Luz⁴, Pedro Bautista-Ramírez^{1,5}, Jorge F. Cortes-García², Atilano Mosqueda-Jiménez^{2,5} & Antonio de Jesús Vidal Jiménez⁵

¹Grupo de Monitoreo Socioambiental (GMSA), Calle 27 de Febrero #127, Col. San Joaquín, C.P. 86930, Balancán, Tabasco, México.

²Ekuneil Península de Yucatán, Calle 52 x 89 y 93, Col. Centro, C.P. 97000, Mérida, Yucatán, México.

³Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF México), Calle Puerto Rico S/N, Col. Fundadores, C.P. 24640, Xpujil, Calakmul, Campeche, México.

⁴PIMVS Herpetario Palancoatl, Avenida 19 #5525, Col. Nueva Esperanza, C.P. 94540, Córdoba, Veracruz, México.

⁵Academia de Ingeniería Ambiental, Tecnológico Nacional de México/Campus de los Ríos (ITSR), Carretera Balancán-Villahermosa Km 3, C.P. 86930, Balancán, Tabasco, México.

⁶Universidad Tecnológica de Calakmul, Km. 2.2 Carretera Xpujil-Dzibalchen, C.P. 24640, Xpujil, Calakmul, Campeche, México.

*Correspondence: fernandom28@hotmail.com

Received: 2023-06-26. Accepted: 2024-02-01. Published: 2024-02-28.

Editor: Pierre Charruau, México.

Abstract.— This study shows the results of a herpetofaunal inventory carried out in the municipality of Balancán, Tabasco, Mexico, during the rainy and northern season of 2019 and dry season of 2020. For data collection, systematic day and night surveys were conducted using the inspection technique by time-limited visual encounter (VES) in three types of vegetation: grassland = PAST, jungle = SELV and forest = BOSQ. We accumulated a sampling effort of 288 search person-hours, observing a total of 564 individuals of 43 species, 13 amphibians and 30 reptiles, belonging to four orders, 22 families and 37 genera. The vegetation type that presented the greatest richness was the SELV with 30 species, followed by the BOSQ with 29 and finally the PAST with 28 species. The species accumulation curves generated for both groups indicated a high representativeness during the study period. Based on the Jaccard index, the vegetation types BOSQ and PAST showed a similarity value of 50% ($J = 0.5$), while SELV and BOSQ presented the least similarity with 47% ($J = 0.47$). Of the total registered species, 12 are listed within some risk category for Mexico. Internationally, 37 species are listed on the IUCN Red List of Threatened Species and three species are listed on Appendices I and II of CITES. According to the EVS, 17 species presented a moderate or high environmental vulnerability score. This work constitutes the first systematic inventory of amphibians and reptiles for the municipality of Balancán, providing information on their diversity and serving as a baseline for future research and conservation projects focused on this faunal group.

Key words.— Amphibians, alpha diversity, reptiles, southeastern Mexico, taxonomic richness.

Resumen.— En este estudio se presentan los resultados de un inventario herpetofaunístico realizado en el municipio de Balancán, Tabasco, México, durante la temporada de lluvias y nortes 2019 y secas 2020. Para la colecta de datos se realizaron recorridos sistemáticos diurnos y nocturnos, utilizando la técnica de inspección por encuentro visual limitada por tiempo (VES) en tres tipos de vegetación del municipio: pastizal = PAST, selva = SELV y bosque = BOSQ. Con un esfuerzo de muestreo acumulado de 288 horas/persona de búsqueda, se registraron un total de 564 individuos de 43 especies, 13 anfibios y 30 reptiles, pertenecientes a cuatro órdenes, 22 familias y 37 géneros. El tipo de vegetación que presentó la mayor riqueza fue la SELV con 30 especies, seguida por el BOSQ con 29 especies y por último el PAST con 28 especies. Las curvas de acumulación de especies generadas para ambos grupos indicaron una alta representatividad en el inventario. De acuerdo con el índice de Jaccard, los tipos de vegetación más parecidos fueron BOSQ y PAST con un valor de similitud del 50% ($J = 0.5$), mientras que SELV y BOSQ presentaron la menor semejanza con 47%

% ($J = 0.475$). Del total de especies registradas, 12 se encuentran enlistadas dentro de alguna categoría de riesgo para México. A nivel internacional, 37 especies se encuentran incluidas en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN y tres especies se incluyen en los Apéndices I y II de CITES. De acuerdo con el EVS, 17 especies presentaron un puntaje de vulnerabilidad ambiental moderado o elevado. El presente trabajo constituye el primer inventario formal de anfibios y reptiles para el municipio de Balancán, aportando información sobre su diversidad y fungiendo como línea base para futuros proyectos de investigación y conservación enfocados en este grupo faunístico.

Palabras clave.— Anfibios, diversidad alfa, riqueza taxonómica, reptiles, sureste de México.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial México es considerado entre los primeros lugares de diversidad de anfibios y reptiles, derivado de su posición geográfica, que junto a su variada topografía y ecosistemas generan un recambio en la riqueza de la herpetofauna a lo largo de todo su territorio (Ochoa-Ochoa & Flores-Villela, 2006). En la actualidad, los ecosistemas naturales de México están sufriendo un grave proceso de deforestación por causas antropogénicas tales como la construcción de asentamientos humanos, la producción agrícola y la ganadería (Rosete-Vergés et al., 2014), lo cual afecta severamente a la herpetofauna, al ser algunas de las principales causas de su disminución y extinción (González-Sánchez et al., 2017).

En el estado de Tabasco la herpetofauna se encuentra representada por seis órdenes, 45 familias, 104 géneros y 170 especies, lo que corresponde al 12% de la riqueza de especies que habitan en el territorio mexicano (Barragán-Vázquez et al., 2022). En relación con los anfibios, se tiene registro de 45 especies, donde 39 pertenecen al orden Anura, cinco al orden Caudata y una al orden Gymnophiona. Por otra parte, los reptiles están representados por 125 especies, donde dos especies pertenecen al orden Crocodylia, 111 al orden Squamata y 12 al orden Testudines (Barragán-Vázquez, 2019; Barragán-Vázquez et al., 2019, 2022).

El municipio de Balancán se encuentra al oriente de Tabasco y forma parte de la región fisiográfica de las Tierras bajas costeras del Golfo de México, que ocupa el mayor porcentaje de cobertura en Tabasco y que alberga el 51.7% de la herpetofauna del estado (Barragán-Vázquez et al., 2022). En Balancán, los registros de la herpetofauna se han realizado mediante colectas esporádicas con pocos puntos específicos del municipio, y son pocos los estudios sistemáticos que se han llevado a cabo en municipios cercanos como Emiliano Zapata, Jonuta y Tenosique (Muñoz-Alonso et al., 2018; Charruau et al., 2023). La gran mayoría del estado de Tabasco se ha visto afectado por la deforestación y el cambio y uso de suelo, a nivel estatal la cobertura forestal

de las selvas se ha perdido en un 90% debido a actividades antropogénicas como las prácticas agropecuarias (Tudela, 1992; Zavala-Cruz et al., 2003).

Con relación a Balancán, el municipio se encuentra en un área considerada como altamente deforestada (de la Cruz-Uc et al., 2019), y se considera, se ha perdido alrededor del 62.5% de su vegetación original, siendo transformada en pastizales inducidos, zonas de agricultura o zonas urbanizadas, mientras que el 37.5% restante se encuentra conformados por zonas de selva alta perennifolia, vegetación secundaria, sabanas, zonas de bosque y tulares (SEDESOL, 2011). Esta problemática resalta la gran importancia de los inventarios herpetofaunísticos, para implementar acciones de conservación, investigación o estudios de impacto ambiental (Reyes-Velasco & Ramírez-Chaparro, 2019), por lo cual, el objetivo de esta investigación fue caracterizar la riqueza de anfibios y reptiles en el municipio de Balancán, Tabasco, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El municipio de Balancán se localiza en el estado de Tabasco, en el sureste de México en las coordenadas 17.4166° y 18.1833° N y 90.4833° y 91.7166° O; WGS84 (Fig. 1). Colinda al norte con el estado de Campeche, al este con el estado de Campeche y la República de Guatemala, al sur con los municipios de Tenosique y Emiliano Zapata y al oeste con el municipio de Emiliano Zapata y el estado de Campeche. Sus terrenos son principalmente planos con pequeños lomeríos y elevaciones que van de los 10 a 50 msnm (INEGI, 2010). Forma parte de la región hidrológica Grijalva-Usumacinta, donde se encuentran el río Usumacinta y San Pedro Mártir, además destaca su sistema lacustre y las 48 lagunas que lo componen, que junto a ocho arroyos conforman una superficie de 18,600 has de agua (H. Ayuntamiento de Balancán, 2018). Predominan dos tipos de clima en la región, cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Af) y cálido subhúmedo con

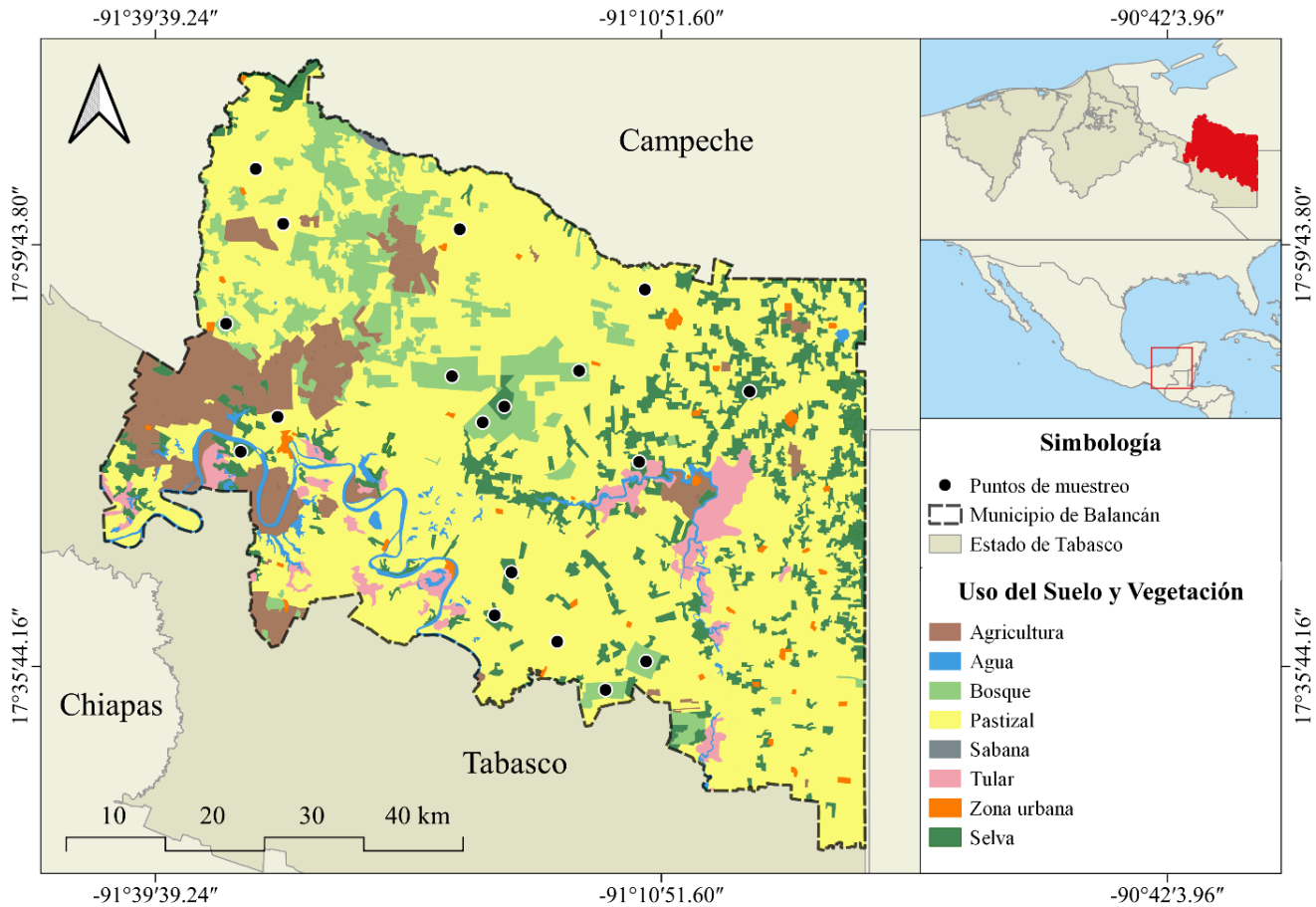


Figure 1. Geographic location of the municipality of Balancán, Tabasco, Mexico (The dark dots indicate the sampling sites).

Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Balancán, Tabasco, México (Los puntos negros señalan los sitios de muestreo).

lluvias en verano (Aw) (García, 2004; INEGI, 2010); además de tres temporadas climáticas bien definidas, secas (febrero-abril), lluvias (mayo-octubre) y nortes (noviembre-enero; (Moguel & Molina-Enríquez, 2000; INEGI, 2010). La temperatura media anual varía de 26 a 28°C, mientras que la precipitación promedio anual oscila entre los 1 500 y 2 500 mm (INEGI, 2010). Los tipos de vegetación presentes en el municipio son: pastizal natural e inducido (74.46%), selva (7.91%), bosque (5.29%), tular (3.98%) y sabana (0.10%; INEGI, 2010).

Trabajo de campo

El trabajo de campo se realizó en la temporada de lluvias y nortes de 2019 y secas de 2020, en tres tipos de vegetación para lo cual se siguió la descripción propuesta por López (1995): pastizal = PAST, áreas con modificación antrópica, donde predominan los pastos

inducidos para la ganadería, con pocos árboles dispersos. Selva = SELV, porciones remanentes de selva mediana subperennifolia, este tipo de vegetación alcanza una altura que oscila entre 15 y 20 m, el suelo es hidromórfico observándose una fuerte dominancia de *Bucida buceras* y *Lonchocarpus hondurensis*. Por último, bosque = BOSQ, zonas arboladas, el estrato arbóreo tiene una altura promedio de 15 m y se integra esencialmente por *Quercus oleoides*, y en la mayoría de los casos se asocia con otras especies como *Terminalia amazonia*, *Sweetenia panamensis* y *Boehysia hondurensis*.

Durante este estudio se realizaron un total de 18 muestreos, tres por mes, con duración de dos días cada uno, con la finalidad de registrar el mayor número de especies de anfibios y reptiles en la zona. El esfuerzo de muestreo fue homogéneo para cada tipo de vegetación, es decir, se invirtió la misma cantidad de

horas/persona/día para cada uno de ellos (ocho h/per/día). En cada muestreo se contó con el esfuerzo de tres participantes.

Para la obtención de los datos se realizaron recorridos diurnos de 08:00 a 12:00 h y nocturnos de 20:00 a 24:00 h, utilizando la técnica de inspección por encuentro visual limitada por tiempo (VES; Lips et al., 2001; Aguirre-León, 2011; Gallina, 2015). La búsqueda se realizó en todos los microhábitats posibles tales como rocas, troncos, corteza, árboles, arbustos, hierba, hojarasca, suelo, oquedades, estructuras humanas y cuerpos de agua como lagunas, charcos y arroyos (Casas-Andreu et al., 1991). Se observaron, capturaron, registraron y fotografiaron ejemplares pertenecientes a ambos grupos, posteriormente se liberaron en el mismo sitio y día de captura. Todos los organismos fueron identificados in situ a nivel de especie utilizando las claves especializadas de Flores-Villela et al. (1995) y las guías de campo de Köhler (2008; 2011).

Análisis de datos

El listado de especies se elaboró siguiendo la nomenclatura propuesta por la revista *Mesoamerican Herpetology* (<https://mesoamericanherpetology.com/taxonomic-list.html>), debido a que está especializada en las actualizaciones taxonómicas de la herpetofauna que habitan en Mesoamérica, región donde se encuentra nuestra área de estudio.

Para evaluar la completitud del inventario, se realizaron curvas de acumulación de especies para cada por separado empleando los estimadores no paramétricos ACE y Chao 1 (Chao, 1984; Chazdon et al. 1998), los cuales se basan en la abundancia de cada especie registrada en el área de estudio (Moreno, 2001). Además, se utilizaron logaritmos que evalúan especies que aparecen una sola vez (singletons), así como las que aparecen dos veces (doubletons), para esto se utilizó el programa EstimateS versión 9.1 (Colwell, 2013). Con la finalidad de comparar la composición de la herpetofauna entre los tipos de vegetación, se elaboraron curvas de rango-abundancia o Whittaker (Feisinger, 2003).

Las curvas se graficaron organizando las especies de mayor a menor abundancia en el eje de las abscisas, mientras que el logaritmo base 10 de π , que representa el número de individuos de cada especie entre el total de individuos registrados, se ubicó en el eje de las ordenadas (Moreno, 2001; Escalante, 2003). Adicionalmente, se comparó la similitud de la riqueza de especies entre pares de tipos de vegetación utilizando el coeficiente de similitud de Jaccard (Barragán-Vázquez et al., 2010). Este índice genera un intervalo de valores que va de 0, cuando no existen especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1, cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies (Moreno, 2001,

Martin-Regalado et al., 2011). Los análisis y el dendrograma de similitud se realizaron con el programa Past 4.13 (Hammer, et al., 2011).

Finalmente, para conocer el estado de conservación de los anfibios y reptiles registrados, se consultó la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010), la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (UICN, 2022) y los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES, 2013). Así mismo, se revisó el puntaje de vulnerabilidad ambiental (EVS por sus siglas en inglés) propuesto por Wilson et al. (2013a, b) y Johnson et al. (2017) para la herpetofauna mexicana, el cual asigna un valor numérico a cada especie con distribución natural en el país, con base en su rango de distribución, su distribución ecológica, tipo de reproducción (en anfibios) y grado de persecución por el humano (en reptiles), clasificando a las especies con vulnerabilidad baja (3-9), moderada (10-13) o elevada (14-19).

RESULTADOS

Con un esfuerzo de 288 horas por persona para todo el estudio, se registró una abundancia de 564 individuos y un total de 43 especies de herpetozoos para el municipio de Balancán (Tabla 1). Los anfibios estuvieron representados por un orden, seis familias, 12 géneros y 13 especies (Tabla 2; Fig. 2), mientras que los reptiles se componen por tres órdenes, 16 familias, 25 géneros y 30 especies (Tabla 2; Fig. 3).

Para los anfibios las familias mejor representadas fueron Hylidae con cinco especies, Leptodactylidae con tres y Bufonidae con dos especies, en el caso de los reptiles las familias Dipsadidae y Colubridae fueron las más representativas con seis y cinco especies respectivamente. Del total de individuos registrados, 55.31% fueron ranas y sapos, 1.06% cocodrilos, 31.56% lagartijas, 7.63% serpientes y 4.44% tortugas. El tipo de vegetación que presentó la mayor riqueza herpetofaunística fue la SELV con 30 especies, seguida por el BOSQ con 29 y por último el PAST con 28 especies.

En los anfibios, los estimadores no paramétricos ACE y Chao 1 predijeron un total 13 especies cada uno, por lo que se obtuvo una completitud del inventario del 100% en ambos casos (Fig. 4a). Por otra parte, el cálculo de ACE y Chao 1 para los reptiles fue de 31 y 30 especies, lo que indica que se registró el 95.23% y 98.78%, respectivamente (Fig. 4b). Las curvas de rango-abundancia indicaron que *Leptodactylus melanonotus* (Lm) fue la especie de anfibio mejor representada en los tres tipos de vegetación (PAST,

Table 1. Species list of amphibians and reptiles recorded in the municipality of Balancan, Tabasco, Mexico. Cód= Code. Type of vegetation: PAST = pastureland, SELV = jungle, BOSQ = forest. Risk category: (NOM-059-SEMARNAT-2010: A = threatened, Pr = Under special protection)(Red list of threatened species UICN: LC = least concern, NT = near threatened)(CITES: I = Appendix I, II = Appendix II).

Tabla 1. R Lista de especies de anfibios y reptiles registrados en el municipio de Balancán, Tabasco, México. Cód = Código. Tipo de vegetación: PAST = pastizal, SELV = selva, BOSQ = bosque. Categoría de riesgo: (NOM-059-SEMARNAT-2010: A = Amenazada, Pr = Sujeta a Protección Especial)(Lista Roja de la UICN: LC = Preocupación Menor, NT = Casi Amenazado)(CITES: I = Apéndice I, II = Apéndice II).

Taxonomía		Tipo de vegetación			Categoría de riesgo			
		PAST	SELV	BOSQ	NOM-059	UICN	CITES	EVS
Clase Amphibia								
Orden Anura								
Familia Bufonidae								
<i>Incilius valliiceps</i>	Iv	X	X	X		LC		6
<i>Rhinella horribilis</i>	Rh	X	X					
Familia Hylidae								
<i>Dendropsophus microcephalus</i>	Dm		X	X		LC		7
<i>Scinax staufferi</i>	Ss	X	X	X		LC		4
<i>Smilisca baudinii</i>	Sb	X	X			LC		3
<i>Tlalocohyla picta</i>	Tp	X		X		LC		8
<i>Trachycephalus vermiculatus</i>	Tv		X	X				
Familia Leptodactylidae								
<i>Engystomops pustulosus</i>	Ep	X	X	X		LC		7
<i>Leptodactylus fragilis</i>	Lf	X	X	X		LC		5
<i>Leptodactylus melanonotus</i>	Lm	X	X	X		LC		6
Familia Microhylidae								
<i>Hypopachus variolosus</i>	Hv	X		X		LC		4
Familia Ranidae								
<i>Lithobates brownorum</i>	Lb	X	X	X	Pr	LC		8
Familia Rhinophrynidae								
<i>Rhinophrynus dorsalis</i>	Rd	X			Pr	LC		8
Clase Reptilia								
Orden Crocodylia								
Familia Crocodylidae								
<i>Crocodylus moreletii</i>	Cm		X	X	Pr	LC	I	13



Table 1 (Cont.). Species list of amphibians and reptiles recorded in the municipality of Balancan, Tabasco, Mexico. Cód= Code. Type of vegetation: PAST = pastureland, SELV = jungle, BOSQ = forest. Risk category: (NOM-059-SEMARNAT-2010: A = threatened, Pr = Under special protection)(Red list of threatened species UICN: LC = least concern, NT = near threatened)(CITES: I = Appendix I, II = Appendix II).

Tabla 1 (Cont.). Lista de especies de anfibios y reptiles registrados en el municipio de Balancán, Tabasco, México. Cód = Código. Tipo de vegetación: PAST = pastizal, SELV = selva, BOSQ = bosque. Categoría de riesgo: (NOM-059-SEMARNAT-2010: A = Amenazada, Pr = Sujeta a Protección Especial)(Lista Roja de la UICN: LC = Preocupación Menor, NT = Casi Amenazado)(CITES: I = Apéndice I, II = Apéndice II).

Taxonomía		Tipo de vegetación			Categoría de riesgo			
		PAST	SELV	BOSQ	NOM-059	UICN	CITES	EVS
Orden Squamata								
Suborden Lacertilia								
Familia Anolidae								
<i>Norops lemurinus</i>	Nl	X		X		LC		8
<i>Norops rodriguezii</i>	Nr	X		X		LC		10
<i>Norops sagrei</i>	Ns	X		X		LC		12
Familia Corytophanidae								
<i>Basiliscus vittatus</i>	Bv	X	X	X		LC		7
Familia Gekkonidae								
<i>Hemidactylus frenatus</i>	Hf	X	X	X		LC		
Familia Iguanidae								
<i>Ctenosaura similis</i>	Cs	X	X	X	A	LC	II	8
<i>Iguana iguana</i>	Ii	X	X	X	Pr	LC	II	12
Familia Mabuyidae								
<i>Marisora lineola</i>	MI			X				
Familia Phrynosomatidae								
<i>Sceloporus teapensis</i>	St	X				LC		13
Familia Teiidae								
<i>Holcosus stuarti</i>	Hs	X	X			LC		15
Suborden Serpentes								
Familia Boidae								
<i>Boa imperator</i>	Bi		X	X		LC		10
Familia Colubridae								
<i>Drymarchon melanurus</i>	Dme		X			LC		6
<i>Drymobius margaritiferus</i>	Dma		X	X		LC		6



Table 1 (Cont.). Species list of amphibians and reptiles recorded in the municipality of Balancan, Tabasco, Mexico. Cód= Code. Type of vegetation: PAST = pastureland, SELV = jungle, BOSQ = forest. Risk category: (NOM-059-SEMARNAT-2010: A = threatened, Pr = Under special protection)(Red list of threatened species UICN: LC = least concern, NT = near threatened)(CITES: I = Appendix I, II = Appendix II).

Tabla 1 (Cont.). Lista de especies de anfibios y reptiles registrados en el municipio de Balancán, Tabasco, México. Cód = Código. Tipo de vegetación: PAST = pastizal, SELV = selva, BOSQ = bosque. Categoría de riesgo: (NOM-059-SEMARNAT-2010: A = Amenazada, Pr = Sujeta a Protección Especial)(Lista Roja de la UICN: LC = Preocupación Menor, NT = Casi Amenazado)(CITES: I = Apéndice I, II = Apéndice II).

Taxonomía		Tipo de vegetación			Categoría de riesgo			
		PAST	SELV	BOSQ	NOM-059	UICN	CITES	EVS
<i>Lampropeltis abnorma</i>	La	X	X	X		LC		
<i>Leptophis mexicanus</i>	Lme		X	X	A	LC		6
<i>Pseudelaphe flavirufa</i>	Pf	X				LC		10
Familia Dipsadidae								
<i>Coniophanes imperialis</i>	Ci	X	X	X		LC		10
<i>Imantodes cenchoa</i>	Ic		X		Pr	LC		6
<i>Imantodes gemmistratus</i>	Ig	X	X		Pr	LC		6
<i>Leptodeira frenata</i>	Lfr			X		LC		12
<i>Leptodeira polysticta</i>	Lp			X		LC		
<i>Ninia sebae</i>	Nse	X	X			LC		5
Familia Viperidae								
<i>Bothrops asper</i>	Ba	X	X	X				12
<i>Crotalus tzabcan</i>	Ct	X		X		LC		16
Orden Testudines								
Familia Emydidae								
<i>Trachemys venusta</i>	Tve	X	X					13
Familia Geoemydidae								
<i>Rhinoclemmys areolata</i>	Ra			X	A	NT		13
Familia Kinosternidae								
<i>Kinosternon acutum</i>	Ka		X		Pr	NT		14
<i>Kinosternon scorpioides</i>	Ks		X		Pr			10
Familia Staurotypidae								
<i>Staurotypus triporcatus</i>	Str		X		A	NT		14





Figure 2. Species of amphibians registered in the municipality of Balancán, Tabasco, México. a) *Incilius valliceps*, b) *Rhinella horribilis*, c) *Scinax staufferi*, d) *Smilisca baudinii*, e) *Tlalocohyla picta*, f) *Trachycephalus vermiculatus*, g) *Engystomops pustulosus*, h) *Leptodactylus fragilis*, i) *Leptodactylus melanonotus*, j) *Hypopachus variolosus*, k) *Lithobates brownorum*, l) *Rhinophrynus dorsalis*. Photographs: Nelson M. Cerón-de la Luz (a, b, d, e, f y k) and Daniel Jesús-Espinosa (c, g, h, i, j y l).

Figura 2. Especies de anfibios registrados en el municipio de Balancán, Tabasco, México. a) *Incilius valliceps*, b) *Rhinella horribilis*, c) *Scinax staufferi*, d) *Smilisca baudinii*, e) *Tlalocohyla picta*, f) *Trachycephalus vermiculatus*, g) *Engystomops pustulosus*, h) *Leptodactylus fragilis*, i) *Leptodactylus melanonotus*, j) *Hypopachus variolosus*, k) *Lithobates brownorum*, l) *Rhinophrynus dorsalis*. Fotografías: Nelson M. Cerón-de la Luz (a, b, d, e, f y k) y Daniel Jesús-Espinosa (c, g, h, i, j y l).



Figure 3. Species of reptiles registered in the municipality of Balancán, Tabasco, Mexico. a) *Hemidactylus frenatus*, b) *Sceloporus teapensis*, c) *Holcosus stuarti*, d) *Marisora lineola*, e) *Leptaphis mexicanus*, f) *Leptodeira polysticta*, g) *Drymobius margaritiferus*, h) *Ninia sebae*, i) *Lampropeltis abnorma*, j) *Bothrops asper*, k) *Rhinoclemmys areolata*, l) *Staurotyphlops triporcatus*. Photographs: Nelson M. Cerón-de la Luz (a, c, d, e, f, g, h, j, k y l) y Daniel Jesús-Espinosa (b, e, i).

Figura 3. Especies de reptiles registrados en el municipio de Balancán, Tabasco, México. a) *Hemidactylus frenatus*, b) *Sceloporus teapensis*, c) *Holcosus stuarti*, d) *Marisora lineola*, e) *Leptaphis mexicanus*, f) *Leptodeira polysticta*, g) *Drymobius margaritiferus*, h) *Ninia sebae*, i) *Lampropeltis abnorma*, j) *Bothrops asper*, k) *Rhinoclemmys areolata*, l) *Staurotyphlops triporcatus*. Fotografías: Nelson M. Cerón-de la Luz (a, c, d, e, f, g, h, j, k y l) y Daniel Jesús-Espinosa (b, e, i).

Table 2. Composition of the herpetofauna present in the municipality of Balancan, Tabasco, Mexico.
Tabla 2. Composición de la herpetofauna presente en el municipio de Balancán, Tabasco, México.

Clase	Orden	Suborden	Familia	Género	Especie
Amphibia	Anura		6	12	13
	Crocodylia		1	1	1
Reptilia	Squamata	Lacertilia	7	8	10
		Serpentes	4	12	14
	Testudines		4	4	4
Total	4	2	22	37	43

SELV y BOSQ), mientras que para los reptiles fueron *Hemidactylus frenatus* (Hf) en pastizal y *Ctenosaura similis* (Cs) en selva y bosque.

Por el contrario, las especies menos abundantes de anfibios fueron *Engystomops pustulosus* (Ep) en PAST, *Smilisca baudinii* (Sm)

a) Anfibios

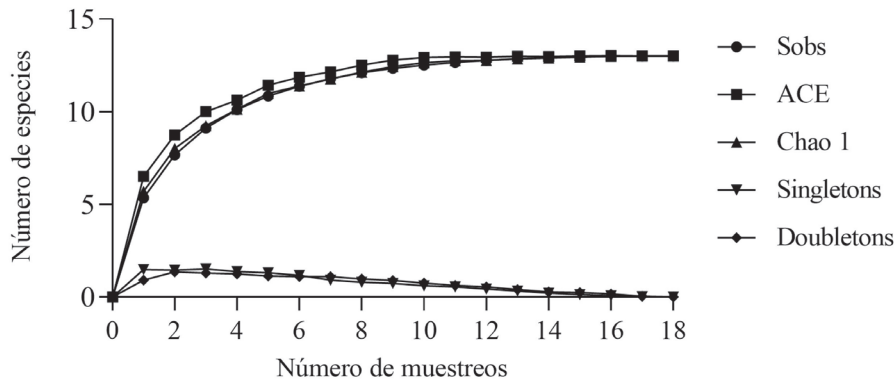


Figure 4. Accumulation curve of herpetofauna species in the municipality of Balancán, Tabasco, Mexico. Sobs (observed richness), ACE and Chao 1 (estimated richness), singletons (species that occur only once) and doubletons (species that occur twice).

b) Reptiles

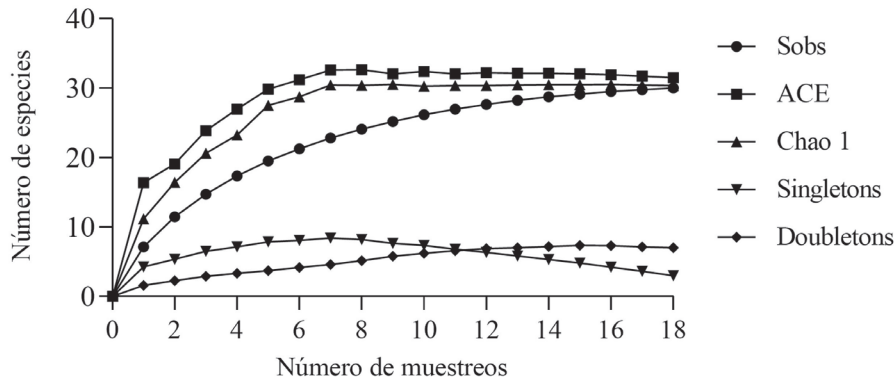


Figura 4. Curva de acumulación de especies de la herpetofauna del municipio de Balancán, Tabasco, México. Sobs (riqueza observada), ACE y Chao 1 (riqueza estimada), singletons (especies que ocurren una sola vez) y doubletons (especies que ocurren dos veces).



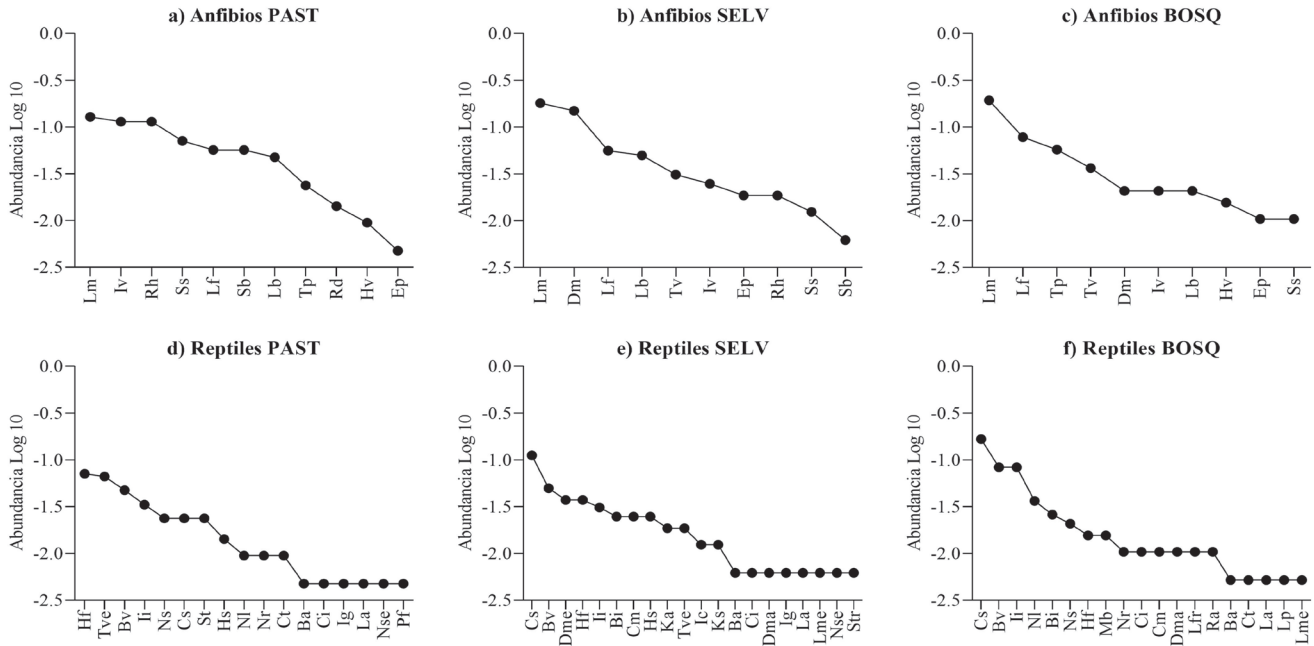


Figure 5. Range-abundance curves of amphibians and reptiles by type of vegetation in the municipality of Balancán, Tabasco, Mexico. Species abbreviation codes are: *Incilius valliceps* (Iv), *Rhinella horribilis* (Rh), *Basiliscus vittatus* (Bv), *Boa imperator* (Bi), *Bothrops asper* (Ba), *Coniophanes imperialis* (Ci), *Crocodylus moreletii* (Cm), *Crotalus tzabcan* (Ct), *Ctenosaura similis* (Cs), *Dendropsophus microcephalus* (Dm), *Drymarchon melanurus* (Dme), *Drymobius margaritiferus* (Dma), *Engystomops pustulosus* (Ep), *Hemidactylus frenatus* (Hf), *Holcosus stuarti* (Hs), *Hypopachus variolosus* (Hv), *Iguana iguana* (Ii), *Imantodes cenchoa* (Ic), *Imantodes gemmistratus* (Ig), *Kinosternon acutum* (Ka), *Kinosternon scorpioides* (Ks), *Lampropeltis abnorma* (La), *Leptodactylus fragilis* (Lf), *Leptodactylus melanonotus* (Lm), *Leptodeira frenata* (Lfr), *Leptodeira polysticta* (Lp), *Leptophis mexicanus* (Lme), *Lithobates brownorum* (Lb), *Marisora lineola* (Ml), *Ninia sebae* (Nse), *Norops lemuringis* (NI), *Norops rodriguezii* (Nr), *Norops sagrei* (Ns), *Pseudelaphe flavirufa* (Pf), *Rhinoclemmys areolata* (Ra), *Rhinophrynus dorsalis* (Rd), *Sceloporus teapensis* (St), *Scinax staufferi* (Ss), *Smilisca baudinii* (Sb), *Staurotyphlops triporcatatus* (Str), *Tlalocohyla picta* (Tp), *Trachemys venusta* (Tve), *Trachycephalus vermiculatus* (Tv).

Figura 5. Curvas de rango-abundancia de la herpetofauna por tipo de vegetación del municipio de Balancán, Tabasco, México. Los códigos de abreviaciones de las especies son: *Incilius valliceps* (Iv), *Rhinella horribilis* (Rh), *Basiliscus vittatus* (Bv), *Boa imperator* (Bi), *Bothrops asper* (Ba), *Coniophanes imperialis* (Ci), *Crocodylus moreletii* (Cm), *Crotalus tzabcan* (Ct), *Ctenosaura similis* (Cs), *Dendropsophus microcephalus* (Dm), *Drymarchon melanurus* (Dme), *Drymobius margaritiferus* (Dma), *Engystomops pustulosus* (Ep), *Hemidactylus frenatus* (Hf), *Holcosus stuarti* (Hs), *Hypopachus variolosus* (Hv), *Iguana iguana* (Ii), *Imantodes cenchoa* (Ic), *Imantodes gemmistratus* (Ig), *Kinosternon acutum* (Ka), *Kinosternon scorpioides* (Ks), *Lampropeltis abnorma* (La), *Leptodactylus fragilis* (Lf), *Leptodactylus melanonotus* (Lm), *Leptodeira frenata* (Lfr), *Leptodeira polysticta* (Lp), *Leptophis mexicanus* (Lme), *Lithobates brownorum* (Lb), *Marisora lineola* (Ml), *Ninia sebae* (Nse), *Norops lemuringis* (NI), *Norops rodriguezii* (Nr), *Norops sagrei* (Ns), *Pseudelaphe flavirufa* (Pf), *Rhinoclemmys areolata* (Ra), *Rhinophrynus dorsalis* (Rd), *Sceloporus teapensis* (St), *Scinax staufferi* (Ss), *Smilisca baudinii* (Sb), *Staurotyphlops triporcatatus* (Str), *Tlalocohyla picta* (Tp), *Trachemys venusta* (Tve), *Trachycephalus vermiculatus* (Tv).

en SELV y *Scinax staufferi* (Ss) en BOSQ. En el caso de los reptiles las especies con la representatividad más baja fueron *Bothrops asper* (Ba), *Coniophanes imperialis* (Ci), *Imantodes gemmistratus* (Ig), *Lampropeltis abnorma* (La), *Ninia sebae* (Nse) y *Pseudelaphe flavirufa* (Pf) en pastizal; *B. asper* (Ba), *C. imperialis* (Ci), *Drymobius margaritiferus* (Dm), *I. gemmistratus* (Ig), *L. abnorma* (La), *Leptophis mexicanus* (Lme), *N. sebae* (Ns) y *Staurotyphlops triporcatatus* (St) en selva; y *B. asper* (Ba), *Crotalus tzabcan* (Ct), *Lampropeltis abnorma* (La), *Leptodeira polysticta* (Lp) y *Leptophis mexicanus* (Lm) en bosque (Fig. 5).

De acuerdo con el índice de Jaccard, los tipos de vegetación más parecidos son BOSQ y PAST con un valor de similitud del

50% ($J = 0.5$); le siguen PAST y SELV con 48% ($J = 0.487$), mientras que SELV y BOSQ presentan la menor semejanza con 47% ($J = 0.475$) (Fig. 6).

De las 43 especies registradas, 12 se encuentran enlistadas en alguna categoría de riesgo según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, cinco como “Amenazadas” (A) y siete “Sujetas a Protección Especial” (Pr). De acuerdo con la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN, 34 especies se consideran en “Preocupación Menor” (LC), tres “Casi Amenazadas” (NT) y el resto no están evaluadas (NE). En la CITES se registraron tres especies dentro de sus Apéndices I y II. Con respecto al EVS, 20 especies presentaron un puntaje de



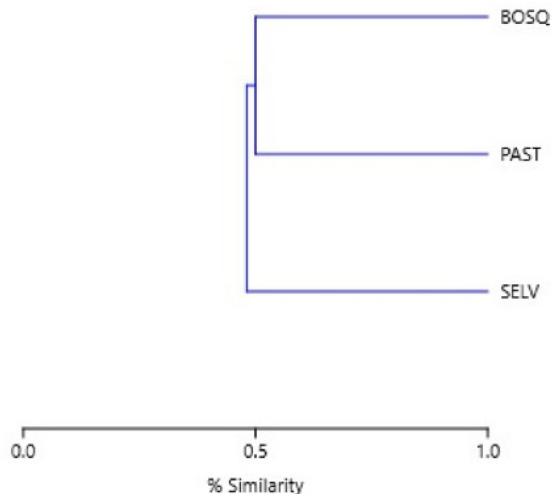


Figure 6. Dendrogram of herpetofaunal similarity between vegetation types in the municipality of Balancán, Tabasco, Mexico.

Figura 6. Dendrograma de similitud herpetofaunística entre tipos de vegetación del municipio de Balancán, Tabasco, México.

vulnerabilidad bajo, 13 un puntaje moderado, cuatro presentaron un puntaje de vulnerabilidad elevado y seis especies no poseen ningún puntaje.

DISCUSIÓN

Las especies de anfibios y reptiles encontradas durante el trabajo de campo representaron el 25% del total de especies que habitan en el estado de Tabasco. En cuanto a los anfibios, las 13 especies registradas representaron el 28.8% de la anfibiofauna tabasqueña, mientras que, en los reptiles, el porcentaje de especies encontradas respecto a la riqueza presente en el estado fue de 24%. Tanto la familia Hylidae en los anfibios, como la familia Dipsadidae y Colubridae en el grupo de los reptiles fueron las más diversas, lo que coincide con lo reportado por Barragán-Vázquez et al. (2022), quienes mencionaron que estas familias son las que tienen mayor riqueza de especies en el estado de Tabasco.

Se observó una similitud alta en el número de especies que se encontraron en los tres ecosistemas donde se realizó trabajo de campo (PAST, SELV y BOSQ). Esto puede ser explicado debido a que, pese a los cambios de la vegetación, algunos factores abióticos como el clima, la temperatura y la elevación, que son reconocidos como los principales influyentes en la diversidad y distribución de la herpetofauna, fueron constantes a lo largo de toda el área de muestreo (Vite-Silva et al., 2010). Esto concuerda con lo señalado por Ramírez-Bautista y Moreno (2006), donde

mencionaron que se ha evidenciado que áreas con condiciones ambientales similares poseen altos valores de similitud pese a estar separadas en distancia e incluso estar en provincias biogeográficas distintas, lo que evidencia que la importancia de los factores ambientales mencionados anteriormente en la similitud de la composición de especies encontradas en los diferentes tipos de vegetación donde se realizó el trabajo de campo.

La curva de acumulación de especies indicaron que se ha encontrado un alto porcentaje de las especies de anfibios y reptiles que habitan el área de estudio, ya que sus características cumplen con las señaladas por Jiménez-Valverde y Hortal (2003), al alcanzar una asíntota horizontal, tener un bajo número de especies con uno (singletons) o dos únicos registros (doubletons) que cumplieron la tendencia a cruzarse, y a que el número de especies encontradas son muy similares a los valores indicados por los estimadores no paramétricos. En cuanto a las curvas de rango abundancia, se encontró que en los tres hábitats muestreados tuvieron dominancia especies que utilizan hábitats acuáticos para desarrollarse, como los anuros *I. valliceps*, *L. brownorum*, *L. fragilis*, *L. melanonotus*, *R. horribilis*, *T. picta* y la tortuga *T. venusta*, o que utilizan estos ambientes con frecuencia para obtener alimento o refugio, como la lagartija *B. vittatus* y la serpiente *D. margaritifera* (Lee, 1996). Así mismo, algunas especies mostraron dominancia en ciertos hábitats determinados, como por ejemplo las iguanas *C. similis* e *I. iguana*, que presentaron mayor número en hábitats arbolados (SELV, BOSQ) debido a sus hábitos arborícolas (Lee, 1996).

Durante el trabajo de campo se registraron dos especies no nativas de México: *H. frenatus* que es nativa del sur de Asia, norte de África e islas del Pacífico, y *Norops sagrei*, especie nativa de islas del Caribe (Bahamas, Cuba y Little Cayman; Lee, 1996; Valdez-Villavicencio & Peralta-García, 2008; Vásquez-Cruz et al, 2020). Ambas especies se encuentran registradas en diversas áreas dentro del territorio mexicano, incluyendo el estado de Tabasco, en donde generalmente se encuentran relacionadas con zonas urbanizadas y asentamientos humanos (Lee, 1996). La presencia de estas especies puede tener un impacto negativo en especies nativas con características ecológicas similares, tales como lagartijas arborícolas insectívoras *N. lemurinus* y *N. rodriguezii* que se encontraron durante el estudio.

Existen registros de *Trachemys scripta*, en una zona cercana al área de estudio (Charruau et al., 2023). Si bien esta especie no se encontró durante el trabajo de campo, es imperativo mencionarla debido a que se considera entre las 100 especies invasoras más dañinas en el mundo (Global Invasive Species

Database, 2023) y que podría afectar las poblaciones de tortugas dulceacuícolas nativas de la zona.

Por otra parte, el resto de las especies registradas son nativas de la región y se encontró una especie endémica, *Crotalus tzabcan*, cuya distribución está restringida a la Provincia Biótica Península de Yucatán, la cual se compone por los estados de Campeche, Quintana Roo, Yucatán, la porción este de Tabasco y la región Lacandona de Chiapas, en México, así como Belice y el departamento del Petén en el norte de Guatemala (Lee, 1996). El registro de esta especie muestra la importancia de la herpetofauna que habita en el municipio de Balancán y su conservación, de acuerdo con lo señalado por Charruau et al. (2023).

En relación con la conservación, se pudo observar que las especies registradas bajo alguna categoría de riesgo a nivel federal e internacional no superan el 28% de la riqueza total encontrada durante el trabajo de campo, sin embargo, con base en los puntajes de vulnerabilidad ambiental propuestos para las especies mexicanas (Wilson et al., 2013a, b; Johnson et al., 2017), el porcentaje de especies con vulnerabilidad moderada o elevada es del 39.5%. Esta diferencia entre ambos porcentajes puede explicarse debido a que, a nivel nacional, la Norma Oficial que indica la categoría de riesgo de las especies se elaboró en 2010 y, pese a que esta se actualizó en 2019, no ha sufrido grandes modificaciones con respecto a la herpetofauna (SEMARNAT, 2010), lo cual ha repercutido en que no se categoricen especies descritas recientemente o especies que hayan sufrido cambios taxonómicos en la última década. Por ejemplo, *C. tzabcan* es una serpiente que no se encuentra incluida en la Norma Oficial Mexicana 059 (SEMARNAT, 2010), pero que se considera altamente vulnerable (EVS = 16 pts; Wilson et al., 2013b) y que se ha catalogado como una especie en Peligro de Extinción (Jiménez-Velázquez et al., 2018; SEMARNAT, 2018).

Otro ejemplo sería el caso de *Boa constrictor*, especie catalogada en dicha norma como Amenazada, sin embargo, desde el 2009 esta especie se restringió únicamente para Sudamérica (Hynková et al., 2009), mientras que en México se encuentran *Boa imperator* y *B. sigma* (Card et al., 2016), las cuales no han sido evaluadas y, por ende, no se encuentran en alguna categoría de riesgo. Estos ejemplos exhiben la importante necesidad de actualizar la nomenclatura de las especies registradas en la Norma Oficial Mexicana 059, así como categorizar a las nuevas especies o especies con cambios taxonómicos recientes.

La conservación de la herpetofauna de Balancán, así como todo Tabasco, está bajo constante presión debido a factores humanos y

naturales que afectan negativamente a las poblaciones. Entre las presiones antropogénicas se destaca la deforestación y cambio de uso de suelo con fines diversos como agricultura, ganadería y desarrollo urbano, contaminación por actividades enfocadas en el aprovechamiento de hidrocarburos, el tráfico ilegal de especies y la colecta ilegal con fines de consumo, el atropellamiento de fauna silvestre, las especies invasoras y los mitos e historias que generan miedo y desconocimiento, y que repercuten en el daño o la matanza directa. Por otro lado, entre las presiones naturales se destacan el cambio climático, los incendios, las tormentas y los huracanes, y las enfermedades infecciosas emergentes (González-Sánchez et al., 2017; Barragán-Vázquez et al., 2022).

Este trabajo representa el primer listado herpetofaunístico realizado para el municipio de Balancán, lo cual aporta valiosa información respecto a las especies de anfibios y reptiles que habitan en dicho municipio, y que funge como una base para futuros proyectos de investigación y conservación enfocados en herpetofauna (Reyes-Velasco & Ramírez-Chaparro, 2019). Con anterioridad se había caracterizado la herpetofauna total del estado de Tabasco (Barragán-Vázquez, 2019; Barragán-Vázquez et al., 2019, 2022) y de hábitats específicos como la laguna de Chaschoc en el municipio de Emiliano Zapata (Charruau et al., 2023), la zona urbana de Villahermosa (Barragán-Vázquez et al., 2010), los ecosistemas ribereños del municipio de Huimanguillo (Gutiérrez-Suárez et al., 2022), y la cuenca del Río Usumacinta (Muñoz-Alonso et al., 2018), entre otros, lo que refleja la importancia de la realización de este trabajo para el conocimiento de la herpetofauna en dicho municipio.

CONCLUSIONES

El número de especies encontradas en Balancán, así como el alto porcentaje de especies en alguna categoría de riesgo a nivel nacional e internacional, así como con moderado o alto puntaje de vulnerabilidad ambiental señala la relevancia de este municipio como hábitat para los anfibios y reptiles de Tabasco.

Este trabajo representa el primer listado herpetofaunístico para el municipio de Balancán, en Tabasco, y puede fungir como base para realizar futuros estudios y proyectos enfocados en este grupo faunístico. Sin embargo, se recomienda continuar efectuando monitoreos y trabajo de campo para registrar especies que no se pudieron encontrar durante la realización de este estudio, para así poder complementar la riqueza herpetofaunística de este municipio. Así mismo, se recomienda realizar proyectos de investigación enfocados en conocer el estatus poblacional de especies incluidas en alguna categoría de riesgo, o con puntajes de vulnerabilidad ambiental moderados

o altos, con la finalidad de poder obtener información sobre sus poblaciones y poder desarrollar proyectos de conservación en pro de estas especies.

Agradecimientos.- A Lorena Jesús Que, Christian Romario Rueda Flores y Gladis G. García Arévalo por el apoyo incondicional brindado durante gran parte del trabajo de campo.

LITERATURA CITADA

- Aguirre-León, G. 2011. Métodos de estimación, captura y contención de anfibios y reptiles. Pp. 48-65. En S. Gallina & C.A. López. (Eds.), Manual de Técnicas para el Estudio de la Fauna. Universidad Autónoma de Querétaro, Instituto de Ecología A.C. Querétaro, México.
- Badii, M. H., A. Guillen, C.E. Rodríguez, O. Lugo, J. Aguilar & M. Acuña. 2015. Pérdida de biodiversidad: causas y efectos. Revista Daena: International Journal of Good Conscience 10:156-174.
- Balderas-Valdivia, C. J. & A. González-Hernández. 2021. Inventario de la herpetofauna de México 2021. Herpetología Mexicana 2:10-71.
- Barragán-Vázquez, M.R. 2019. Anfibios. En La Biodiversidad de Tabasco. Estudio de Estado. Vol. II. CONABIO, México.
- Barragán-Vázquez, M.R., L. Rios-Rodas, L.A. Fucsko, L.W. Porras, V. Mata-Silva, A. Rocha, D.L. DeSantis, E. García-Padilla, J.D. Johnson & L.D. Wilson. 2022. The herpetofauna of Tabasco, Mexico: composition, distribution, and conservation status. Amphibian & Reptile Conservation 16:1-61.
- Barragán-Vázquez, M.R., C.E. Zenteno-Ruiz, C. Solis-Zurita, M.A. López-Luna, E. Hernández-Estañol, M. Martínez-Zetina, L. Rios-Rodas, J.A. Hernández-Velázquez, Y. Rodríguez-Sánchez, D. Peregrino-Reyes, G. Rodríguez-Azcuaga & M.C. González-Ramón. 2010. Herpetofauna asociada a ambientes urbanos y suburbanos de Villahermosa, Tabasco, México. Revista Kukulka 16:19-26.
- Barragán-Vázquez, M.R., C.E. Zenteno-Ruiz & M.A. López-Luna. 2019. Reptiles. Pp. 301-310. En A. Cruz-Angón, J. Cruz-Medina, J. Valero-Padilla, F.P. Rodríguez-Reynaga & E.D. Melgarejo (Coords.). La Biodiversidad de Tabasco. Estudio de Estado. Vol. II. CONABIO, México.
- Card, D.C., D.R. Schield, R.H. Adams, A. Corbin, B.W. Perry, A.L. Andrew, G.I. Pasquasi, E.N. Smith, T. Jezkova, S.M. Boback, W. Booth & T.A. Castoe. 2016. Phylogeographic and population genetic analyses reveal multiple species of *Boa* and independent origins of insular dwarfism. Molecular Phylogenetics and Evolution 102:104-116.
- Casas-Andreu, G., G. Valenzuela-López, A. Ramírez-Bautista. 1991. Cómo Hacer una Colección de Anfibios y Reptiles. Cuadernos del Instituto de Biología, UNAM. D.F., México.
- Chao, A. 1984. Non-parametric estimation of the number of classes in a population. Scandinavian Journal of Statistics 11:265-270.
- Chazdon, R. L., R.K. Colwell, J.S. Denslow & M.R. Guariguata. 1998. Statistical methods for estimating species richness of woody regeneration in primary and secondary rain forests of NE Costa Rica. Pp. 285-309. En F. Dallmeier & J.A. Comiskey (Eds.). Forest Biodiversity Research, Monitoring and Modeling: Conceptual Background and Old World Case Studies. Parthenon Publishing, París.
- 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.
- Colwell, R. K. 2013. Estimates: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Version 9. User's Guide and Application. <http://purl.oclc.org/estimates>. [Consultado en diciembre de 2022].
- CONABIO. 2008. Capital Natural de México. Volumen 1: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). 2013. Apéndices I, II y III de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- De la Cruz-Uc, X., A. Valdés-Manzanilla, V.L. Barradas & L.C. Cámara-Cabrales. 2019. Comunidades sintéticas arbóreas: una alternativa al deterioro forestal en la parte baja de la cuenca del río Usumacinta en Tabasco, México. Bosque 40:117-127.
- Escalante, T. 2003. ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. Elementos: Ciencia y Cultura 52:53-56.



- Feinsinger, P. 2003. El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad. Editorial FAN. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- Flores-Villela, O., F. Mendoza-Quijano & G. González-Porter. 1995. Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México. Publicaciones Especiales del Museo de Zoología 10:1-285.
- Gallina, S. (Ed.). 2015. Manual de Técnicas del Estudio de la Fauna. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México.
- García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Global Invasive Species Database. 2023. 100 of the World's Worst Invasive Alien Species. http://www.iucngisd.org/gisd/100_worst.php. [Consultado en junio 2023]
- González-Hernández, A.J.X., J.M. Garza-Castro & C.J. Balderas-Valdivia. 2021. Manual de Identificación de la Herpetofauna de México. Dirección General de Divulgación de la Ciencia-Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- González-Sánchez, V.H., J.D. Johnson, E. García-Padilla, V. Mata-Silva, D.L. DeSantis & L.D. Wilson. 2017. The herpetofauna of the Mexican Yucatán Peninsula: composition, distribution and conservation status. *Mesoamerican Herpetology* 4:263-380.
- Gutiérrez-Suárez, J.M., L. Ríos-Rodas, J.C. Gerónimo-Torres & M.R. Barragán-Vázquez. 2022. Diversidad y estado de conservación de reptiles asociados a dos ecosistemas ribereños del municipio de Huimanguillo, Tabasco, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 25:1-15.
- H. Ayuntamiento de Balancán. 2018. Plan municipal de desarrollo 2018-2021. H. Ayuntamiento de Balancán. Balancán, Tabasco, México.
- Hammer, Ø., & Harper, D.A. 2001. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4:1.
- Hynková, I., Z. Starostová & D. Frynta. 2009. Mitochondrial DNA variation reveals, recent evolutionary history of main *Boa constrictor* clades. *Zoological Science*, 26:623-631.
- INEGI. 2010. Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Balancán, Tabasco: clave geoestadística 2700. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Jiménez-Valverde, A. & J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología* 8:151-161.
- Jiménez-Velázquez, G., H.A. Pérez-Mendoza, C. Yañez-Arenas, A. Cisneros-Bernal & S. Cortés. 2018. Coordinación de acciones para la elaboración de un programa nacional para la conservación de las serpientes de cascabel de México. PROCER/CER/43/2018. Dirección de Especies Prioritarias para la Conservación, CONANP. Vida Silvestre Coat, A.C., México.
- Johnson, J.D., L.D. Wilson, V. Mata-Silva, E. García-Padilla & D. DeSantis. 2017. The endemic herpetofauna of Mexico: organisms of global significance in several peril. *Mesoamerican Herpetology* 4:543-620.
- Köhler, G. 2008. Reptiles of Central America. Herpeton Verlag Elke Kohler. Offenbach, Alemania
- Köhler, G. 2011. Amphibians of Central America. Herpeton Verlag Elke Kohler. Offenbach, Alemania
- Lee, J.C. 1996. The Amphibians and Reptiles of the Yucatán Peninsula. 1st Edition. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- Lips K.R., J.K. Reaser, B.E. Young & R. Ibáñez. 2001. Monitoreo de Anfibios en América Latina: Manual de Protocolos. Herpetological Circulars 30, Society for Study of Amphibians and Reptiles (SSAR), Oxford, Ohio, EU.
- López R. 1995. Tipos de Vegetación en el Estado de Tabasco y Norte de Chiapas. Dirección de Difusión Cultural México. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Moguel, O.E.J. & M.J.F. Molina-Enríquez. 2000. La precipitación pluvial en Tabasco y Chiapas. *Revista Kuxulkab'* 5:1-8.
- Moreno, C. 2001. Métodos para Medir la Biodiversidad. Vol. 1. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe de UNESCO y Sociedad Entomológica Aragonesa. Serie Manuales y Tesis SEA. Zaragoza, España.
- Muñoz-Alonso, L.A., R. Rodiles-Hernández, N.P. López-León, A. González-Navarro, A.M. Chau-Cortés & J.A. Nieblas-Camacho.



2018. Diversidad de herpetofauna en la cuenca del Usumacinta, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 89:79-99.
- Ochoa-Ochoa, L. M. & O.A. Flores-Villela. 2006. Áreas de Diversidad y Endemismo de la Herpetofauna Mexicana. UNAM-CONABIO, D.F, México.
- Pacheco-Figueroa, C.J., J.D.D. Valdez-Leal, L.M. Gama-Campillo, E.J. Gordillo-Chávez, E.J. Moguel-Ordoñez, L.J. Rangel-Ruiz, R. García-Morales, E.E. Mata-Zayas & R. C. Luna-Ruiz. 2015. Sistemas agrícolas como refugio de herpetofauna en zonas de acreción-retroceso y erosión costera, en Tabasco, México. *Agro Productividad* 8:74-79.
- Ramírez-Bautista, A. & C. Moreno. 2006. Análisis comparativo de la herpetofauna de cuatro regiones geográficas de México. Pp. 78-84. En A. Ramírez-Bautista, L. Canseco-Márquez & F. Mendoza-Quijano. *Inventarios Herpetofaunísticos de México: Avances en el Conocimiento de su Biodiversidad*. Sociedad Herpetológica Mexicana A.C., México.
- Reyes-Velasco, J. & R. Ramírez-Chaparro. 2019. Algunas sugerencias para el formato de listados herpetofaunísticos de México. *Revista Latinoamericana de Herpetología*, 2:103-106.
- Rosete-Vergés, F.A., J.L. Pérez-Damián, M. Villalobos-Delgado, E.N. Navarro-Salas, E. Salinas-Chávez & R. Remond-Noa. 2014. El avance de la deforestación en México 1976-2007. *Madera y Bosques* 20:21-35.
- Sarukhán, J., P. Koleff, J. Carabias, J. Soberón, R. Dirzo, J. Llorente-Bousquets, G. Halffter, R. González, I. March, A. Mohar, S. Anta & J. de la Maza. 2009. *Capital Natural de México: Conocimiento Actual, Evaluación y Perspectivas de Sustentabilidad*. Síntesis. CONABIO, México.
- SEDESOL. 2011. Atlas de riesgos naturales. Balancán, Tabasco, 2011. SSecretaría de Desarrollo Social, Tabasco, México.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección Ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*. Segunda Sección. D.F., México.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2018. Programa de Acción para la Conservación de las Especies: Serpientes de Cascabel (*Crotalus* spp.). SEMARNAT, CONANP, México.
- Tudela, F. 1992. La modernización forzada del trópico: el caso de Tabasco. Proyecto integrado del Golfo. COLMEX/ CINVESTAV/ FIAS/ UNRISD, México.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). 2022. La Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Versión 2021-3. <https://www.iucnredlist.org> [Consultado en octubre de 2022].
- Valdez-Villavicencio J.H. & A. Peralta-García. 2008. *Hemidactylus frenatus* (Sauria: Gekkonidae) en el noreste de México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 24:229-230.
- 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.
- Víte-Silva, V.D., A. Ramírez-Bautista & U. Hernández-Salinas. 2010. Diversidad de anfibios y reptiles de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81:473-485.
- Wilson, L. D. & J.D. Johnson. 2010. Distributional patterns of the herpetofauna of Mesoamerica, a biodiversity hotspot. Pp. 31-235. En L.D. Wilson, J.H. Townsend & J.D. Johnson (Eds.). *Conservation of the Mesoamerican Amphibians and Reptiles*. Eagle Mountain Publishing, Eagle Mountain, Utah, USA.
- Wilson, L.D., J.D. Johnson & V. Mata-Silva. 2013a. A conservation reassessment of the amphibians of Mexico based on the EVS measure. *Amphibian & Reptile Conservation* 7:97-127.
- Wilson, L.D., V. Mata-Silva & J.D. Johnson. 2013b. A conservation reassessment of the reptiles of Mexico based on the EVS measure. *Amphibian & Reptile Conservation* 7:1-47.
- Zavala-Cruz, J., R. Ramos-Reyes, O. Castillo-Acosta & A.I. Ortiz. 2003. Cambio de uso del suelo. Pp. 33-52. En J. Zavala, C. Gutiérrez & D. Palma-López (Eds.). *Impacto Ambiental en las Tierras de Campo Petrolero Samaría, Tabasco*. Campus Tabasco-Colegio de Postgraduados, CONACYT, CCYTET, Villahermosa, Tabasco.



MODELAMIENTO DE NICHOS ECOLÓGICOS DE DOS ESPECIES DE SALAMANDRAS NEOTROPICALES (PLETHODONTIDAE): *OEDIPINA PARVIPES* (PETERS, 1879) Y *OEDIPINA COMPLEX* (DUNN, 1924)

ECOLOGICAL NICHE MODELING OF TWO SPECIES OF NEOTROPICAL SALAMANDERS (PLETHODONTIDAE): *OEDIPINA PARVIPES* (PETERS, 1879) AND *OEDIPINA COMPLEX* (DUNN, 1924)

Andrés Ricardo López-Preciado^{1,2*}, Cristian Camilo Ramírez-Geleano^{1,2} & Laura Nathaly Garzón-Matamoros^{1,3}

¹ Grupo de investigación Biotecnología y Medio Ambiente, Departamento de Biología, Universidad INCCA de Colombia, Bogotá D.C., Colombia.

² Semillero de investigación Biogeografía y Ecología Evolutiva Neotropical (BEEN), Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia.

³ Grupo de investigación en artrópodos KUMANGUI, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia.

*Correspondence: arlopezp@unincca.edu.co

Received: 2023-11-08. Accepted: 2024-01-18. Published: 2024-02-22.

Editor: Norberto Martínez-Méndez, México.

Abstract.— Tropical salamanders of the Plethodontidae family are organisms for which there is no clear information about their geographical distribution, ecological aspects and the environmental conditions in which they can live. Ecological niche modeling is considered a useful tool to predict areas of environmental suitability, as well as the geographic distributions of understudied species. In this work, a search was carried out for reliable historical records, in open access data networks, as well as in scientific articles on the presence of *Oedipina parvipes* and *Oedipina complex*, which together with the implementation of climatic variables, allowed the performance of modeling of ecological niche of these species under the maximum entropy principle of MaxEnt using the Kuenm package. Our results predict areas of high environmental suitability for different regions of Central and South America, highlighting the Panama Canal and the Colombian Pacific as the most optimal places for the presence of these species of salamanders. This work shows the need for research in different fields in understudied regions where the presence of these species that do not have records or whose records are not completely reliable is predicted. Identifying the potential distribution areas of these species is of utmost importance so that informed decisions can be made for the conservation of vulnerable species that may be affected by human activities.

Key words.— Environmental suitability, Geographic distribution, MaxEnt, Neotropics, Plethodontids.

Resumen.— Las salamandras tropicales de la familia Plethodontidae son organismos de los que no se tiene información clara sobre su distribución geográfica, aspectos ecológicos y las condiciones ambientales en las que pueden habitar. Los modelamientos de nicho ecológico son considerados una herramienta útil para predecir las áreas de idoneidad ambiental, así como las distribuciones geográficas de especies poco estudiadas. En este trabajo se efectuó una búsqueda de registros históricos confiables, en redes de datos de acceso abierto, así como en artículos científicos de las presencias de *Oedipina parvipes* y *Oedipina complex*, que junto con la implementación de variables climáticas, permitieron la realización de modelamientos de nicho ecológico de estas especies bajo el principio de máxima entropía de MaxEnt mediante el paquete Kuenm. Nuestros resultados predicen zonas de alta idoneidad

ambiental para diferentes regiones de Centroamérica y Suramérica, destacando el canal de Panamá y el Pacífico colombiano como los lugares más óptimos para la presencia de estas especies de salamandras. Este trabajo muestra la necesidad de aumentar investigaciones de diferentes campos en las regiones poco estudiadas donde se predice la presencia de estas especies que no cuentan con registros o sus registros no son del todo confiables. Identificar las áreas potenciales de distribución de estas especies es de suma importancia para que se puedan tomar decisiones informadas para la conservación de especies vulnerables y que pueden verse afectadas por las actividades humanas.

Palabras clave.- Distribución geográfica, Idoneidad ambiental, MaxEnt, Neotrópico, Pletodontidos.

INTRODUCCIÓN

El género *Oedipina* (Keferstein, 1868), conocido también como las salamandras gusano, son un grupo de organismos altamente diverso pertenecientes a la familia Plethodontidae, se caracterizan por presentar cuerpos delgados y alargados, extremidades diminutas y colas muy largas (Köhler, 2011; AmphibiaWeb, 2023). Este género cuenta con una distribución amplia, abarcando desde el sur de México hasta el noreste de Suramérica, en los límites entre Colombia y Ecuador (Brame & Wake, 1963; Brame, 1968; García-París & Wake 2000; Savage, 2002; McCranie et al., 2008; Köhler, 2011; Acosta-Galvis et al., 2020; Acosta-Galvis, 2023). Habitan desde el nivel del mar hasta elevaciones superiores a los 2200 m.s.n.m. (Köhler, 2011).

Las *Oedipinas* son animales fosoriales o semifosoriales, se encuentran debajo de rocas, troncos caídos, hojarasca y material vegetal en descomposición. Sin embargo, también se ha reportado que suelen movilizarse a través de la vegetación

cercana al suelo y viviendo en madrigueras de insectos dentro de árboles podridos (Savage, 2002; Köhler 2011).

En Colombia la representación de este género es limitada y poco común, contando tan solo con dos especies reportadas: *Oedipina parvipes* (Peters, 1879) y *Oedipina complex* (Dunn, 1924) (Fig. 1) (McCranie et al., 2008; Acosta-Galvis et al., 2020;). *Oedipina parvipes* es una salamandra que se caracteriza por contar con 17 surcos costales, cabeza más estrecha que el resto del cuerpo, hocico alargado y estrecho, ojos relativamente pequeños, cola delgada y mucho más larga que el cuerpo, extremidades libres, de 0-19 dientes maxilares y de 9-19 dientes vomerinos en serie; su coloración en el dorso es café oscuro o morado pálido, mientras que en el vientre presenta un color crema pálido (Brame & Wake, 1963; Brame, 1968; Köhler, 2011; AmphibiaWeb, 2023). Es una especie terrestre, que habita en el suelo, sobre la hojarasca, o debajo de troncos de las selvas húmedas tropicales



Figure 1. A. *Oedipina parvipes*. Photo taken by Brian Kubicki (Köhler, 2011), and **B.** *Oedipina complex*. Photo taken by Michael W. Itgen.

Figura 1. A. *Oedipina parvipes*. Foto tomada por Brian Kubicki (Köhler, 2011), y **B.** *Oedipina complex*. Foto tomada por Michael W. Itgen.

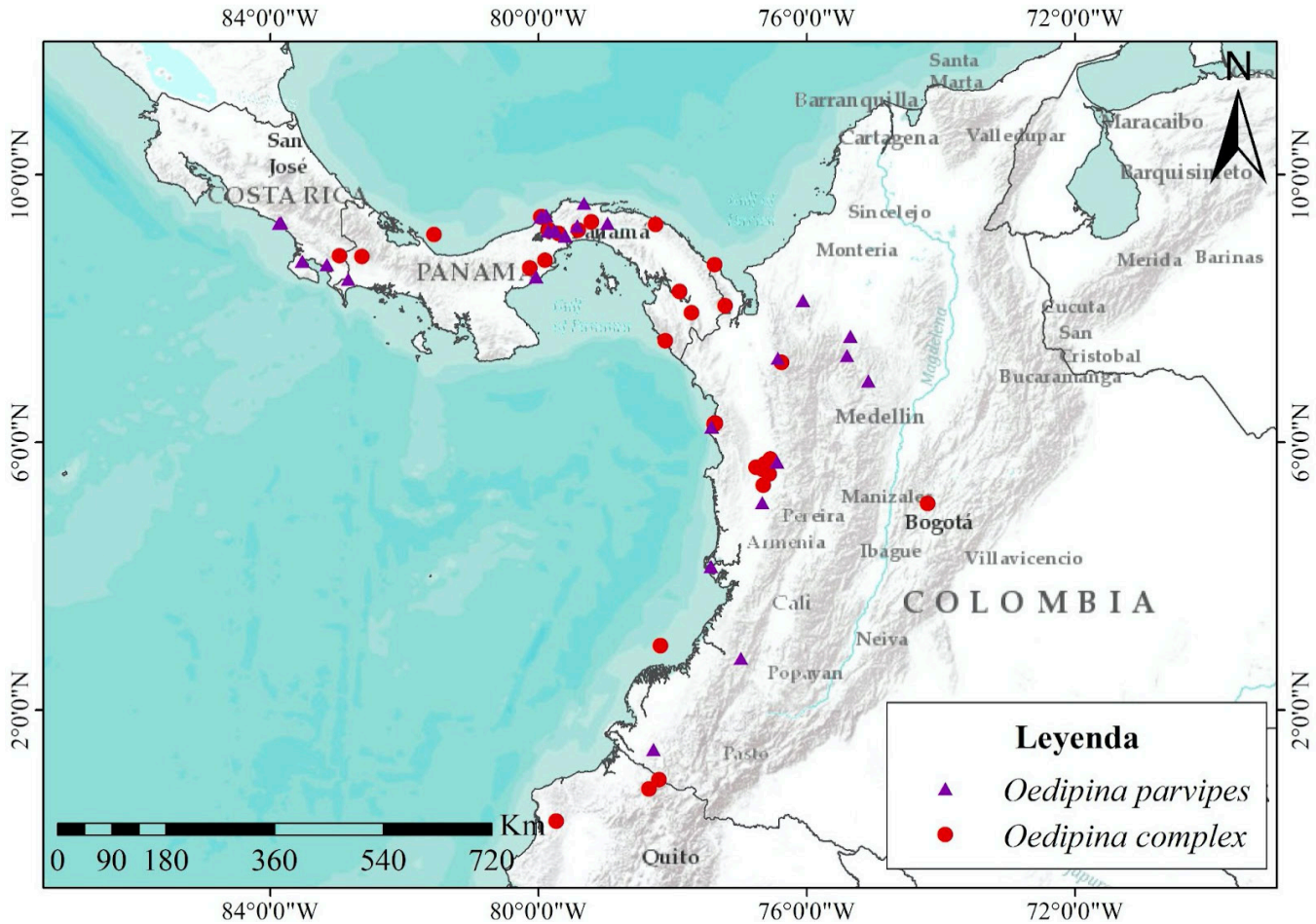


Figure 2. Geographic distribution of *Oedipina parvipes* (purple triangles) and *Oedipina complex* (red circles). Map designed in ArcMap 10.8.

Figura 2. Distribución geográfica de *Oedipina parvipes* (triángulos morados) y *Oedipina complex* (círculos rojos). Mapa diseñado en ArcMap 10.8.

de tierras bajas, y está asociada principalmente a los bosques poco perturbados (Brame & Wake, 1963; Brame, 1968; Köhler, 2011; AmphibiaWeb, 2023). Se distribuye ampliamente desde el sur de Costa Rica hasta el suroccidente de Colombia (Fig. 2), (Brame & Wake, 1963; Brame, 1968; Savage, 2002; Lynch & Suárez-Mayorga, 2004; Castro-Herrera & Vargas-Salinas, 2008; Köhler, 2011; Mueses-Cisneros & Moreno-Quintero, 2012; Romero & Lynch, 2012; Acosta-Galvis et al., 2020; AmphibiaWeb, 2023; Frost, 2023). Poco se sabe de su ecología, comportamiento y estado de conservación, sin embargo, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) la clasifica en la categoría de Preocupación Menor (Solís et al., 2008).

Por otra parte, *Oedipina complex* es una salamandra de tamaño muy pequeño y cuerpo alargado, se caracteriza por presentar 19 surcos costales, cabeza pequeña y ovalada, hocico corto y estrecho,

ojos grandes, cola más larga que el cuerpo, extremidades libres y cortas, de 13-45 dientes maxilares y de 13-32 dientes vomerinos en serie; su coloración es negro pardo, con manchas café en el dorso, más concentradas en la parte dorsal de la cola y en la línea dorsolateral de cada lado del cuerpo, en cuanto al vientre tiene una coloración plomo con manchas (Brame & Wake, 1963; Brame, 1968; Köhler, 2011; AmphibiaWeb, 2023). Generalmente, esta especie vive en el suelo y en vegetación tupida, o debajo de troncos y rocas de las selvas húmedas tropicales de tierras bajas.

La especie no sobrevive en áreas degradadas, pero se puede encontrar en el borde de los bosques (Brame & Wake, 1963; Brame, 1968; Köhler, 2011; AmphibiaWeb, 2023). Tiene una amplia distribución desde los límites entre Costa Rica y Panamá, hasta el noroccidente de Ecuador (Fig. 2), (Brame & Wake, 1963; Brame, 1968; Savage, 2002; Lynch & Suárez-Mayorga, 2004;

Köhler, 2011; Medina-Rangel et al., 2017; Acosta-Galvis et al., 2020; AmphibiaWeb, 2023; Frost, 2023). No se cuenta con mucha información respecto a su ecología y comportamiento. En cuanto a su estado de conservación, también está clasificada por la IUCN en la categoría de Preocupación menor (Castro-Herrera et al., 2004).

El modelamiento de nicho ecológico (MNE), se ha perfilado en los últimos años, como una de las herramientas más útiles al momento de realizar estudios relacionados con la diversidad, ecología y conservación de muchas especies, ya que permite revelar información sobre las diferentes condiciones que pueden afectar la presencia y distribución geográfica de estas (Soberón & Peterson, 2005; Peterson, 2006; Peterson & Soberón, 2012; Warren, 2012; Simões et al., 2020). Los MNE estiman la idoneidad ambiental y las áreas de distribución potencial, por medio de la correlación de los registros de presencia de las especies, con las condiciones geográficas y ambientales asociadas a ellas, utilizando distintos tipos de algoritmos matemáticos (Peterson, 2006; Elith & Leathwick, 2009; Warren, 2012; Mota et al., 2020; Bolom-Huet et al., 2022).

Estos análisis tienen un gran valor en la estimación y evaluación de la distribución potencial y por lo tanto, para establecer el estado de conservación de especies raras, endémicas o poco estudiadas, ya que los límites de la distribución es uno de los aspectos principales que se tienen en cuenta a la hora de clasificar las especies en alguna categoría de amenaza (IUCN, 2012; Guisan et al., 2013; Maciel-Mata et al., 2015; Bolom-Huet et al., 2022). Dichos modelamientos también pueden ser de gran utilidad a la hora establecer áreas adecuadas para poblaciones de especies recientemente descubiertas, detectar barreras climáticas en la distribución y explorar divergencias ecológicas entre taxones estrechamente relacionados que comparten distribuciones similares (Cunningham et al., 2009; Glor & Warren, 2011; Hu & Jiang, 2018; Bolom-Huet et al., 2022).

En este sentido, el objetivo del presente estudio fue identificar las áreas en donde las condiciones ambientales son óptimas para la presencia de *O. parvipes* y *O. complex* en las regiones en las cuales se distribuyen, mediante modelamientos de nicho ecológico, bajo el principio de máxima entropía de MaxEnt (Phillips et al., 2006), y de esta manera promover la realización de futuros muestreos que permitan la obtención de nuevos registros en zonas poco estudiadas, y plantear estrategias y toma de decisiones que contribuyan a la conservación de estas dos especies.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención y tratamiento de los datos de ocurrencia y las variables climáticas

Los datos de ocurrencia de *O. parvipes* y *O. complex* se obtuvieron de las bases de datos en línea Global Biodiversity Information Facility (GBIF) (GBIF, 2023) y VertNet (Constable et al., 2010), además de literatura científica que cuenta con información georreferenciada de las dos especies. Se utilizaron filtros de búsqueda en cada una de las plataformas, para disminuir sesgos taxonómicos y de georreferenciación, por ejemplo de especímenes mal identificados y localidades mal registradas (Escalante, 2009).

Se obtuvieron las variables climáticas de la base de datos WorldClim en su versión 2.1, a una resolución de 30 segundos de arco. Estas variables representan promedios anuales y extremos de temperatura y precipitación recopilados durante los últimos 40 años (Fick & Hijmans, 2017). También se utilizaron las variables climáticas de ENVIREM (Title & Bemmels, 2018), debido a que factores como la evapotranspiración, métricas de humedad y aridez relativa, pueden afectar significativamente la presencia y el uso de microhábitats de los anfibios (Currie, 1991; Rödder & Engler, 2011; Gómez-Rodríguez et al., 2015; Farallo & Miles, 2016; Farallo et al., 2018).

Los datos de ocurrencia se previsualizaron en ArcMap 10.8 para eliminar aquellos registros duplicados y con una incertidumbre mayor a los 5 km² en su georreferenciación. Además, se estimó la tendencia de estos datos respecto a las variables climáticas, excluyendo los registros atípicos. Solo se tuvo en cuenta registros a nivel continental, descartando toda ocurrencia en islas y considerando solo registros que están espaciados al menos 1 km² entre sí, debido a la capacidad de dispersión de los pleodontidos (Smith & Green, 2005; Lowe et al., 2008). De esta manera se redujo significativamente el sobreajuste en los modelos (Segurado et al., 2006; Boria et al., 2014). Una vez realizado el tratamiento de los datos de ocurrencia de *O. parvipes* y *O. complex*, se contó con 27 y 31 registros de presencia, respectivamente.

Para la selección de variables climáticas, primero se delimitó el área de accesibilidad M (Soberón & Peterson, 2005), teniendo como referencia la regionalización biogeográfica del neotrópico propuesta por Morrone et al. (2022), en la cual las provincias están reconocidas bajo la combinación de criterios climáticos, geológicos y biológicos. Se realizó un corte al archivo vectorial (formato shapefile) de la regionalización biogeográfica

mencionada utilizando ArcMap 10.8 para extraer solo el conjunto de las provincias en donde se registró la presencia de las especies. El área M resultante se conforma de las siguientes provincias: 18 (Cauca), 19 (Chocó-Darién), 23 (Guatuso-Talamanca), 24 (Magdalena), 25 (Puntarenas-Chiriquí), 29 (Western Ecuador).

Luego, se realizó una prueba de correlación de Pearson en el paquete `ntbox` v. 0.7.0 de R (Osorio-Olvera et al., 2020), utilizando las variables en el área de accesibilidad previamente definida y se descartó aquellas con coeficientes de correlación de un umbral de $r \geq 0,80$ (Elith et al., 2010; Elith et al., 2011). De las variables altamente correlacionadas se escogieron aquellas que están más asociadas a la biología de los organismos según la literatura consultada. El set de variables para *O. parvipes* fue: Temperatura media anual (Bio 1), Isotermalidad (Bio 3), Precipitación anual (Bio 12), Evapotranspiración potencial anual (annualPET), Métrica de humedad y aridez relativas (climaticMoistureIndex) y Variabilidad mensual en la evapotranspiración potencial (PETseasonality). Mientras que para *O. complex* fue: Bio 1, Rango medio diario (Bio 2), Estacionalidad de las precipitaciones (Bio 15), Precipitación del trimestre más cálido (Bio 18), annualPET, climaticMoistureIndex y PETseasonality.

Modelamiento de nicho ecológico

Se construyeron los modelos de nicho ecológico de las dos especies, usando el 75% de los datos para entrenamiento y 25% para evaluación, utilizando MaxEnt v. 3.4.4 k (Phillips et al., 2006), a través del paquete de R `Kuenm` v. 1.1.10 (Cobos et al., 2019). La parametrización del modelamiento siguió lo propuesto por Cobos et al. (2019) con algunas modificaciones. Para cada especie, se evaluaron 434 modelos usando un set de variables, 14 valores de multiplicador de regularización (0.1–1.0 en intervalos de 0.1, 2–5 en intervalos de 1) y todas las 29 combinaciones posibles utilizando los cinco tipos de clase: (lineal = l, cuadrática = q, producto = p, umbral = t y bisagra = h).

Los modelos finales para las dos especies se produjeron con 100 réplicas bootstraps y un análisis jackknife, utilizando el conjunto completo de ocurrencias y las parametrizaciones seleccionadas. Se evaluó el rendimiento de los modelos candidatos en función de la significancia de la Característica operativa del receptor parcial (ROC parcial) con 500 iteraciones y 50% de bootstrap, tasas de omisión $\leq 5\%$ ($E = 5\%$). También se evaluó la complejidad del modelo mediante el criterio de información de Akaike corregido (AICc), y considerando valores Delta del AICc de los modelos construidos ≤ 2 (Tabla 1).

Table 1. Statistical performance of the final models of *Oedipina parvipes* and *Oedipina complex* according to the defined criteria. The table presents: The name of the species, Model, Mean proportion of the Area under the curve (Mean proportion of the AUC), ROC parcial, 5% omission range, AICc, Delta of the AICc, Weight of the AICc (W AICc) and number of parameters.

Tabla 1. Rendimiento estadístico de los modelos finales de *Oedipina parvipes* y *Oedipina complex* según los criterios definidos. La tabla presenta: El nombre de las especies, Modelo, Proporción media del Área bajo la curva (Proporción media del AUC), ROC parcial, Rango de omisión del 5%, AICc, Delta del AICc, Valor del AICc (W AICc) y número de parámetros.

Especie	Modelo	Proporción media del AUC	ROC parcial	Rango de omisión del 5%	AICc	Delta del AICc	W AICc	Número de parámetros
<i>Oedipina parvipes</i>	M_0.3_F_lp_set_1	1.521	0	0	694.436	0.000	0.092	5
	M_0.4_F_lp_set_1	1.520	0	0	694.775	0.339	0.078	5
	M_0.6_F_lp_set_1	1.530	0	0	695.846	1.410	0.045	5
	M_0.3_F_lq_set_1	1.495	0	0	695.877	1.441	0.045	6
	M_0.6_F_qp_set_1	1.541	0	0	696.335	1.898	0.036	5
<i>Oedipina complex</i>	M_1_F_l_set_1	1.466	0	0	798.444	0.000	0.986	6
	M_2_F_lq_set_1	1.471	0	0	800.124	1.680	0.241	6
	M_2_F_lqt_set_1	1.469	0	0	800.129	1.685	0.188	6

Table 2. Percentage contribution and importance of permutation of the variables, with the most significant values of the final models for *Oedipina parvipes* and *Oedipina complex*. The table presents: The name of the species, the variables, the percentage contribution and the importance of permutation.

Tabla 2. Porcentaje de contribución e importancia de permutación de las variables, con los valores más significativos de los modelos finales para *Oedipina parvipes* y *Oedipina complex*. La tabla presenta: El nombre de las especies, las variables, la contribución porcentual y la importancia de permutación.

Variable	<i>Oedipina parvipes</i>		<i>Oedipina complex</i>	
	Contribución porcentual	Importancia de permutación	Contribución porcentual	Importancia de permutación
Bio 1	37.7	32.5	4.8	12.7
Bio 2	-	-	40.2	15.4
Bio 3	18	8.6	-	-
Bio 12	7.1	8	-	-
Bio 15	-	-	4.6	2
Bio 18	-	-	3.9	2.9
Annual PET	4.1	3.1	0.3	1.8
Climatic Moisture index	25.3	44.7	39.2	53.1
PET seasonality	8.2	3.1	6.9	12

RESULTADOS

El modelo seleccionado para *O. parvipes* arrojó una respuesta de tipo lineal y producto (lp), con un desempeño de Proporción media del AUC de 1.521, un ROC parcial de 0%, y un valor de rango de omisión del 0% (Tabla 1). El análisis Jackknife muestra que las variables más importantes para determinar la idoneidad de hábitat fueron Bio 1 y ClimaticMoistureIndex (Tabla 2). El modelo de nicho ecológico predijo áreas con alta idoneidad al suroriente de Nicaragua en los departamentos de Región autónoma del Atlántico sur y Río San Juan, las periferias de los sistemas montañosos de Costa Rica principalmente en las zonas costeras de las provincias de Limón y Puntarenas; en Panamá, estas zonas corresponden a los alrededores del canal de Panamá, Cerro azul, el volcán El Valle, y la vertiente sur de la cordillera central de las provincias de Chiriquí y Veraguas. Mientras que en Colombia esta especie presenta valores altos y medios en los límites del norte de Antioquia, oriente de Córdoba, sur de Sucre y occidente de Bolívar, en la zona en la que confluyen los ríos Nechí y Cauca; así como una franja de alta idoneidad para el sur de Santander en la vertiente occidental de la Cordillera

Oriental en las estribaciones de la Serranía de los Yariguíes. Y en el Pacífico colombiano presenta zonas con valores altos y medios de idoneidad, hasta la vertiente occidental de la cordillera de los Andes en el noroccidente de Ecuador (Fig. 3).

Por otro lado, el modelo elegido para *O. complex* arrojó una respuesta de tipo lineal (l), con un desempeño de Proporción media del AUC de 1.466, un ROC parcial de 0%, y un valor de rango de omisión del 0% (Tabla 1). El análisis Jackknife muestra que para esta especie, las variables más importantes para determinar la idoneidad de hábitat fueron Bio 2 y ClimaticMoistureIndex (Tabla 2). Los modelos seleccionados produjeron áreas de alta idoneidad para el suroriente de Nicaragua en los departamentos de Región autónoma del Atlántico sur y Río San Juan, una pequeña zona en el noroccidente de la provincia de Limón en Costa Rica, el noroccidente de Panamá en las provincias costeras de Bocas del Toro y Ngöbe Buglé, y en el centro-oriente de Panamá, pasando a través del Pacífico colombiano hasta la vertiente occidental de la cordillera de los Andes en el noroccidente de Ecuador. En el interior de Colombia *O. complex* presenta una idoneidad ambiental similar a la de *O. parvipes*, sin

embargo, *O. complex* presenta mayor continuidad y cobertura espacial con valores altos (Fig. 3).

DISCUSIÓN

Las predicciones de idoneidad del hábitat obtenidas en este trabajo respaldan las estimaciones realizadas por otras investigaciones, en donde se expone que los factores climáticos de temperatura, precipitación y humedad son determinantes para la presencia de las salamandras de la familia Plethodontidae (Kozak & Wiens, 2012; Kozak, 2017; Rovito, 2017; Baken et al., 2021).

Según los modelos realizados, estas dos especies de salamandras están siendo afectadas por la variable climaticMoistureIndex, métrica que constituye un indicador

climático que se calcula a partir de la diferencia entre la precipitación anual y la evapotranspiración potencial, esta última siendo la pérdida potencial de vapor de agua de un paisaje cubierto de vegetación (Title & Bemmels, 2018). Esta variable climática puede afectar la presencia y distribución de ambas especies, al ser organismos que carecen de pulmones y dependen de la respiración cutánea en condiciones de alta humedad (Köhler, 2011; AmphibiaWeb, 2023).

Algunos estudios en las especies de salamandras presentes en México y Mesoamérica han recopilado información que sugiere que las marcadas disminuciones en las poblaciones de estos organismos están vinculadas al cambio de las condiciones de humedad, debido a la alteración climática en las tierras altas, por efecto de la deforestación en las tierras bajas y premontanas (Rovito et al., 2009; García-Padilla et al., 2021).

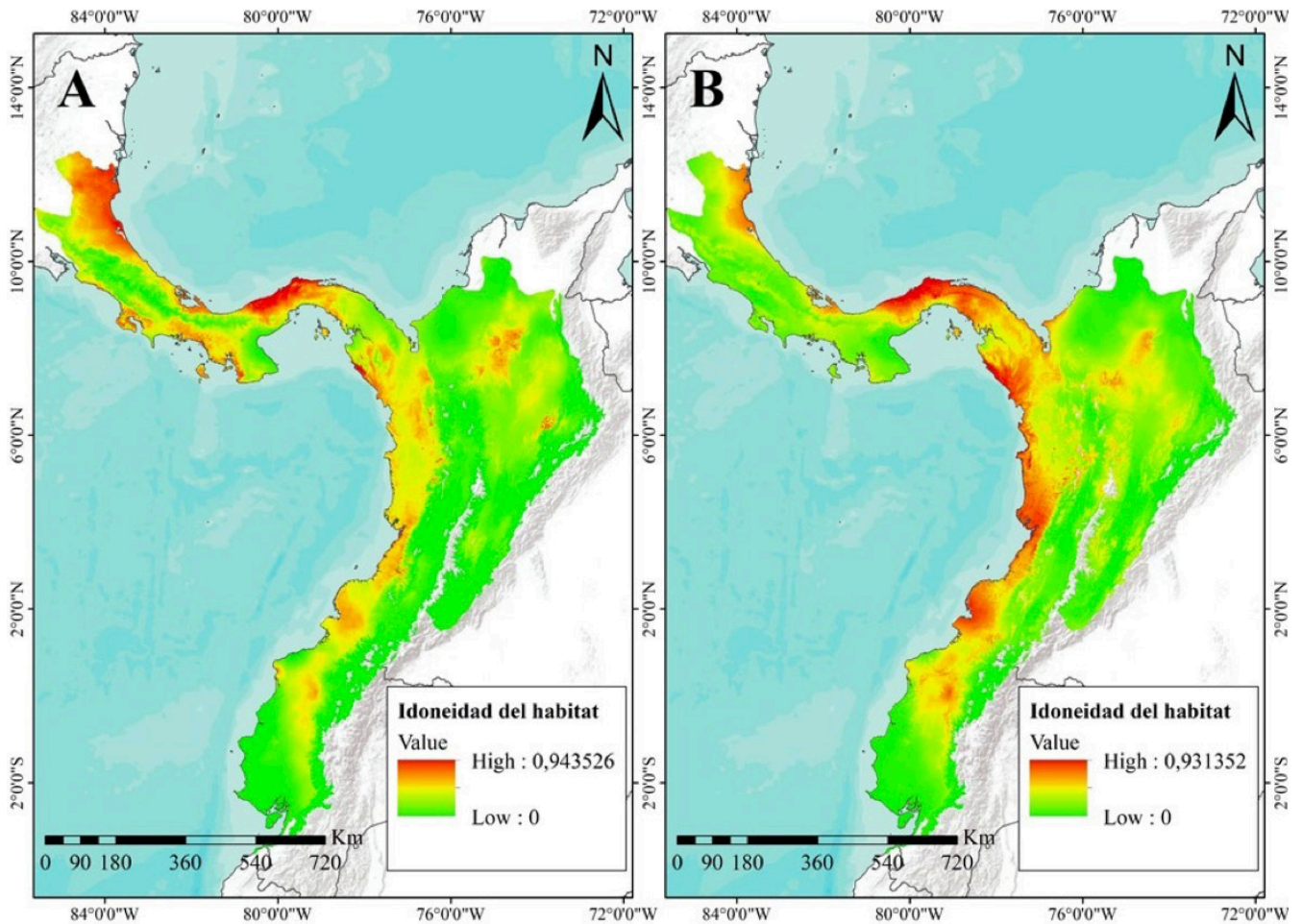


Figure 3. Ecological niche modeling of A) *Oedipina parvipes* B) *Oedipina complex*. Map designed in ArcMap 10.8.

Figura 3. Modelamiento de nicho ecológico de A) *Oedipina parvipes* B) *Oedipina complex*. Mapa diseñado en ArcMap 10.8.

De acuerdo con los resultados obtenidos, ambas especies comparten intervalos de temperatura similares, sin embargo, *O. complex* tolera un intervalo entre 7 a 29 °C, más amplio en comparación con *O. parvipes* que presenta una tolerancia más marcada por temperaturas entre 20 y 29 °C. Esto sugiere que la temperatura puede ser un factor limitante para la presencia y distribución de *O. parvipes*, razón por la cual la variable Bio 1

influye significativamente en el modelo de esta especie. Además, la tolerancia de temperatura de *O. complex* podría explicar por qué esta especie tiene una distribución de zonas idóneas más continuas, mientras que *O. parvipes* presenta zonas de alta idoneidad de manera discontinua. Por otro lado, Bio 2 resultó ser una de las variables que más afectó el modelo de *O. complex*, indicando que, a pesar de su alta tolerancia térmica, cambios

Table 3. Ideal areas of presence for *Oedipina parvipes* and *Oedipina complex* in different conservation zones. The table presents: The countries where the conservation zones are located, the name of the conservation zone and the suitable area in Km² of the two species per conservation zone.

Tabla 3. Áreas idóneas de presencia para *Oedipina parvipes* y *Oedipina complex* en distintas zonas de conservación. La tabla presenta: Los países donde se encuentran las zonas de conservación, el nombre de la zona de conservación y el área idónea en Km² de las dos especies por zona de conservación.

País	Zona de conservación	Área idónea (Km2)
Nicaragua	Reserva de la Biosfera de Rio San Juan	8958
	Refugio Nacional de Vida Silvestre Barra del Colorado	812
Costa Rica	Parque Nacional Corcovado	149
	Reserva Forestal Golfo Dulce	70
	Parque Nacional Isla Bastimentos	10
	Humedal Damani-Guariviara	165
	Parque Nacional Isla de Coiba	52
	Área de Uso Múltiple de Donoso	1275
	Bosque Protector y Paisaje Protegido San Lorenzo	121.5
Panamá	Islas Advent, Zorra y Juan Gallegos	14.3
	Monumento Natural Barro Colorado	49
	Parque Nacional Soberania	145
	Parque Nacional Portobelo	359
	Parque Nacional Chagres	1320
	Área Silvestre de Nargana	955
	Reserva Hidrológica Maje	188
Parque Nacional El Darién	744	

Table 3 (Cont.). Ideal areas of presence for *Oedipina parvipes* and *Oedipina complex* in different conservation zones. The table presents: The countries where the conservation zones are located, the name of the conservation zone and the suitable area in Km² of the two species per conservation zone.

Tabla 3 (Cont.). Áreas idóneas de presencia para *Oedipina parvipes* y *Oedipina complex* en distintas zonas de conservación. La tabla presenta: Los países donde se encuentran las zonas de conservación, el nombre de la zona de conservación y el área idónea en Km² de las dos especies por zona de conservación.

País	Zona de conservación	Área idónea (Km2)
	Parque Nacional Natural Utria	285.5
	Distrito Regional de Manejo Integrado Golfo de Tribuga Cabo Corrientes	65
	Encanto de Los Manglares del Bajo Baudó	593.6
	Distrito Regional de Manejo Integrado En el Territorio Colectivo del Consejo Comunitario de la Comunidad Negra de la Plata	67.8
	Parque Natural Regional La Sierpe	252
	Reserva Forestal Protectora Nacional Río Anchicayá	348.2
	Parque Nacional Natural Gorgona	5.5
	Parque Nacional Natural Sanquianga	250
Colombia	Distritos Nacionales de Manejo Integrado Cabo Manglares Bajo Mira y Frontera	14
	Distritos Regional de Manejo Integrado de la Playona y la Loma de Caleta	13.3
	Distritos Regionales de Manejo Integrado Lago Azul los Manatíes	17
	Distritos Regionales de Manejo Integrado Lago Azul los Manatíes	95
	Distritos Regionales de Manejo Integrado Del Complejo de Humedales de Ayapel	90.5
	Distritos Regionales de Manejo Integrado Serranía de los Yariguies	210
	Distrito Regional de Manejo Integrado Cuchilla del San Juan	4.5
	Parque Nacional Natural Tatama	34.7

abruptos de temperatura durante el día podrían afectar su presencia.

Ambas especies exponen valores de idoneidad semejantes en zonas similares en toda el área de accesibilidad, lo que corrobora la relación simpátrica entre estas dos especies de salamandras (AmphibiaWeb, 2023). Sin embargo, existen diferencias notables, ya que *O. complex* presenta mayores valores de idoneidad para todo el Pacífico colombiano mientras que *O.*

parvipes tiene mayores valores en las zonas de Panamá y en los límites de Costa Rica y Nicaragua. La similitud obtenida entre los modelos de *O. parvipes* y *O. complex* se puede explicar debido a que en los pleodontidos estrechamente emparentados, existe un conocido conservadurismo de nicho en la ocupación de límites altitudinales, por lo cual presentan una gran riqueza y abundancia en elevaciones medias (Kozak & Wiens, 2012; Kozak, 2017; Rovito, 2017).

La cadena montañosa de la Cordillera Central que atraviesa la mayor parte del territorio de Costa Rica y el occidente de Panamá, parece ser una barrera limitante para estas dos especies de salamandra ya que ninguna cuenta con valores de idoneidad altos en esta zona; sin embargo, en sus vertientes y zonas costeras presenta mejores condiciones, en particular para *O. parvipes*; no obstante, en muchas de estas zonas de idoneidad no se han reportado registros por lo cual es importante realizar monitoreos que confirmen la presencia de *O. parvipes* y *O. complex* en las zonas entre los límites de Nicaragua en la Reserva Biológica Indio Maíz y en Costa Rica asociados al Refugio Nacional de Vida Silvestre Barra del Colorado.

Estos modelos contrastan fuertemente con las distribuciones realizadas por la IUCN, ya que estas distribuciones se limitan a zonas de Colombia, Ecuador y Panamá, mientras que en los modelos presentados abarcan zonas de Colombia, Ecuador, Panamá, Costa Rica y Nicaragua, exhibiendo diferentes valores de idoneidad para cada país. Por otro lado en el trabajo de Acosta-Galvis et al. (2020) las distribuciones geográficas mostradas de estas dos especies concuerdan en gran medida con los modelamientos de nicho ecológico realizados, sin embargo es preciso mencionar que la determinación taxonómica de algunos especímenes es poco fiable y puede llegar a afectar los modelamientos realizados.

Los resultados obtenidos en los modelos, para estas dos especies, pueden ser de gran relevancia para orientar las acciones de conservación frente a perturbaciones antropogénicas y de cambio climático, debido a que las salamandras de la familia Plethodontidae cuentan con atributos únicos que las hacen excelentes indicadoras de biodiversidad e integridad de los ecosistemas boscosos, tal y como lo indican Welsh y Droege (2001) en los plethodontidos de Norteamérica y Parra-Olea et al. (2005) en las salamandras de México. Afortunadamente para estas dos especies, numerosas áreas identificadas con valores ≥ 0.6 de idoneidad, se encuentran dentro de distintas zonas de conservación, tal como se muestra en la Tabla 3.

CONCLUSIONES

Las predicciones de idoneidad ambiental presentadas en este trabajo, son las primeras para *O. parvipes* y *O. complex*, en donde se puede apreciar claramente que las zonas óptimas de presencia de ambas especies de salamandras, se concentran principalmente en el canal de Panamá y el Pacífico colombiano. Además de que brindan información valiosa sobre la ecología de estos organismos, y las condiciones ambientales que pueden afectar su presencia. De esta manera se busca brindar un aporte

para la conservación de estas salamandras y aquellas zonas potencialmente habitables por estas. Nuestro estudio muestra la importancia de la preservación de los ecosistemas neotropicales para asegurar la persistencia de especies con alta sensibilidad a la transformación del hábitat, así como a reconocer y priorizar áreas potenciales para el manejo y protección tanto en Centroamérica como en Suramérica. Se recomienda incentivar la investigación en campos de la genética de poblaciones y la ecología de estas salamandras para ayudar a esclarecer un poco más su taxonomía y sistemática.

Agradecimientos.– Expresamos nuestro agradecimiento al Dr. Michael W. Itgen por brindarnos su permiso en el uso de fotografías; al Dr. Rene Bolom-Huet y el Dr. Marlon E. Cobos por su asistencia en la realización de este trabajo; al MSc. Alexander García García y al Dr. Oscar Javier Mahecha-Jiménez que apoyaron con su trabajo, experiencia y conocimientos en nuestra formación como investigadores.

LITERATURA CITADA

- Acosta-Galvis, A.R. 2023. Lista y mapas de distribución de los anfibios de Colombia (versión 13.2023). Batrachia, Villa de Leyva, Boyacá, Colombia. <http://www.batrachia.com> [Consultado en septiembre 2023]
- Acosta-Galvis, A.R., D. García-Cobos, G. Cárdenas-Arévalo, A. Corrales-García & A. Paternina-Hernández. 2020. Geographic distribution extension of the Worm Salamander, *Oedipina complex* (Dunn, 1924), in the Magdalena Valley, Colombia. Check List 16:521-526.
- AmphibiaWeb. 2023. Information on Amphibian Biology and Conservation. Available from: URL <http://amphibiaweb.org/> [Consultado en septiembre 2023]
- Baken, E.K., L.E. Mellenthin & D.C. Adams. 2021. Is salamander arboreality limited by broad-scale climatic conditions?. Plos ONE 16:e0255393.
- Bolom-Huet, R., X. P. Pacheco, A. Muñoz-Alonso & A. Sunny. 2022. Potential distribution and connectivity for two plethodontid salamanders: conservation areas and landscape corridors for two endemic species of México and Guatemala. Environmental Management 70:965-977.
- Boria, R.A., L.E. Olson, S.M. Goodman & R.P. Anderson. 2014. Spatial filtering to reduce sampling bias can improve the performance of ecological niche models. Ecological Modelling 275:73-77.



- Brame Jr, A.H. 1968. Systematics and evolution of the Mesoamerican salamander genus *Oedipina*. *Journal of Herpetology* 2:1-64.
- Brame Jr, A.H. & D.B. Wake. 1963. The salamanders of South America. Los Angeles County Museum Contribution in Science 69:1-72.
- Castro-Herrera, F. & F. Vargas-Salinas. 2008. Anfibios y reptiles en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana* 9: 251-277.
- Castro-Herrera, F., J. Renjifo-Rey, F. Solís, R. Ibáñez & D.B. Wake. 2004. *Oedipina* complex. In: IUCN Red List of threatened species 2004. <http://www.iucnredlist.org/>.
- Cobos, M.E., A.T. Peterson, N. Barve & L. Osorio-Olvera. 2019. kuenm: an R package for detailed development of ecological niche models using Maxent. *PeerJ* 7: e6281.
- Constable, H., R., Guralnick, J. Wieczorek, C. Spencer, A.T. Peterson & VertNet Steering Committee. 2010. VertNet: a new model for biodiversity data sharing. *PLoS Biology* 8:e1000309.
- Cunningham H.R., L.J. Rissler & J.J. Apodaca. 2009. Competition at the range boundary in the slimy salamander: using reciprocal transplants for studies on the role of biotic interactions in spatial distributions. *Journal of Animal Ecology* 78:52-62.
- Currie, D.J. 1991. Energy and large-scale patterns of animal-and plant-species richness. *The American Naturalist* 137:27-49.
- Dunn, E.R. 1924. New amphibians from Panamá. *Occasional Papers of the Boston Society of Natural History* 5:93-95.
- Elith, J. & J.R. Leathwick. 2009. Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 40:677-697.
- Elith, J., M. Kearney & S.J. Phillips. 2010. The art of modelling range-shifting species. *Methods in Ecology and Evolution* 1:330-342.
- Elith, J., S.J. Phillips, T. Hastie, M. Dudík, Y.E. Chee & C.J. Yates. 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions* 17:43-57.
- Escalante, T. 2009. Un ensayo sobre la regionalización biogeográfica. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:551-560.
- Esri. 2020. ArcGIS version 10.8. ArcGIS® and ArcMap™. <https://www.esri.com/>.
- Farallo, V.R. & D.B. Miles. 2016. The importance of microhabitat: A comparison of two microendemic species of *Plethodon* to the widespread *P. cinereus*. *Copeia* 2016:67-77.
- Farallo, V.R., R. Wier & D.B. Miles. 2018. The Bogert effect revisited: salamander regulatory behaviors are differently constrained by time and space. *Ecology and Evolution* 8:11522-11532.
- 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.
- Frost, D.R. 2023. Amphibian species of the world: an online reference. Version 6.2. American Museum of Natural History, New York. <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html> [Consultado en octubre 2023]
- García-Padilla, E., D.L. DeSantis, A. Rocha, V. Mata Silva, J. D. Johnson, L.A. Fucsko, D. Lazcano & L.D. Wilson. 2021. Mesoamerican salamanders (Amphibia: Caudata) as a conservation focal group. *Biología y Sociedad* 4:43-71.
- García-París, M. & D.B. Wake. 2000. Molecular phylogenetic analysis of relationships of the tropical salamander genera *Oedipina* and *Nototriton*, with descriptions of a new genus and three new species. *Copeia* 2000:42-70.
- GBIF.org. 2023. GBIF Home Page. Available from: <https://www.gbif.org>.
- Glor, R.E. & D. Warren. 2011. Testing ecological explanations for biogeographic boundaries. *Evolution* 65:673-683.
- Gómez-Rodríguez, C., A. Baselga & J.J. Wiens. 2015. Is diversification rate related to climatic niche width?. *Global Ecology and Biogeography* 24:383-395.
- Guisan, A., R. Tingley, J.B. Baumgartner, I. Naujokaitis-Lewis, P.R. Sutcliffe, A.I.T. Tulloch, T.J. Regan, L. Brotons, E. McDonald-Madden, C. Mantyka-Pringle, T.G. Martin, J.R. Rhodes, R. Maggini, S.A. Setterfield, J. Elith, M.W. Schwartz, B.A. Wintle, O. Broennimann, M. Austin, S. Ferrier, M.R. Kearney, H.P. Possingham & Y.M. Buckley. 2013. Predicting species distributions for conservation decisions. *Ecology Letters* 16:1424-1435.



- Hu, J. & J. Jiang. 2018. Inferring ecological explanations for biogeographic boundaries of parapatric Asian mountain frogs. *BMC Ecology* 18:1-11.
- Keferstein, W.M. 1868. Ueber einige Batrachier aus Costarica. *Archiv für Naturgeschichte*. Berlin 34: 291-300.
- Kozak, K.H. 2017. What drives variation in plethodontid salamander species richness over space and time? *Herpetologica* 73:220-228.
- Kozak, K.H. & J. J. Wiens. 2012. Phylogeny, ecology, and the origins of climate–richness relationships. *Ecology* 93:S167-S181.
- Köhler, G. 2011. *Amphibians of Central America*. Herpeton Verlag Elke Kohler, Offenbach, Hessen, Germany.
- Lowe, W.H, M.A. Mcpeek, G.E. Likens & B.J. Cosentino. 2008. Linking movement behaviour to dispersal and divergence in plethodontid salamanders. *Molecular Ecology* 17:4459-4469.
- Lynch, J.D. & A. Suárez-Mayorga. 2004. Catálogo de anfibios en el Chocó Biogeográfico, 654-668 p. En Rangel-Ch JO (Ed.) Colombia Diversidad Biótica IV, El Chocó Biogeográfico, Costa Pacífica. Volumen I, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Maciel-Mata, C.A., N. Manríquez-Morán, P.O. Aguilar & G. Sánchez-Rojas. 2015. El área de distribución de las especies: revisión del concepto. *Acta Universitaria* 25:3-19.
- Mccranie, J.R., D.R. Vieites & D.B. Wake. 2008. Description of a new divergent lineage and three new species of Honduran salamanders of the genus *Oedipina* (Caudata, Plethodontidae). *Zootaxa* 1930:1-17.
- Medina-Rangel, G.F., G. Cárdenas-Arévalo & L.E. Rentería-Moreno. 2017. Herpetofauna del Cerro Tacarcuna. Serranía del Darién, Ungía, Chocó, Colombia. Guía de campo. IIAP-Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico y Expedición Colombia, Bio 2016–2017, COLCIENCIAS, Quibdó, Chocó, Colombia.
- Morrone, J.J., T. Escalante, G. Rodríguez-Tapia, A. Carmona, M. Arana & J.D. Mercado-Gómez. 2022. Biogeographic regionalization of the Neotropical region: New map and shapefile. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 94:e20211167.
- Mota Vargas, C., A. Encarnación Luévano, H.M. Ortega Andrade, D.A. Prieto Torres, A. Peña Peniche & O.R. Rojas Soto. 2020. Una Breve Introducción a los Modelos de Nicho Ecológico. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. Estado de Hidalgo, México.
- Mueses-Cisneros, J.J. & V. Moreno-Quintero. 2012. Fauna Amphibia de la Reserva Natural Biotopo Selva Húmeda, Barbaocoas, Nariño, Colombia. *Herpetotropicos* 7:39-54.
- Osorio-Olvera, L., A. Lira-Noriega, J. Soberón, A.T. Peterson, M. Falconi, R.G. Contreras-Díaz, E. Martinez-Mayer, V. Barve & N. Barve. 2020. ntbox: An r package with graphical user interface for modelling and evaluating multidimensional ecological niches. *Methods in Ecology and Evolution* 11:1199-1206.
- Parra-Olea, G., E. Martinez-Meyer & G.P.P. De León. 2005. Forecasting climate change effects on Salamander distribution in the highlands of central Mexico 1. *Biotropica* 37:202-208.
- Peters, W.C.H. 1879. Über neue Amphibien des Kgl. zoologischen Museums (*Euprepes*, *Acontias*, *Typhlops*, *Zamenis*, *Spilotes*, *Oedipus*). *Monatsberichte der Königlichen Preussische Akademie des Wissenschaften zu Berlin* 1879: 774-779.
- Peterson, A.T. 2006. Ecologic niche modeling and spatial patterns of disease transmission. *Emerging Infectious Diseases* 12:1822.
- Peterson, A.T. & J. Soberón. 2012. Species distribution modeling and ecological niche modeling: getting the concepts right. *Natureza & Conservacao* 10:102-107.
- Phillips, S.J., R.P. Anderson & R.E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190:231-259.
- Romero, H. & J.D. Lynch. 2012. Anfibios de la región Caribe. En Rangel-Ch JO (Ed) Colombia Diversidad Biótica XII. La Región Caribe de Colombia. Universidad Nacional de Colombia– Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá D. C., 677-701.
- Rovito, S.M. 2017. The geography of speciation in Neotropical salamanders. *Herpetologica*, 73:229-241.
- Rovito, S.M., G. Parra-Olea, C.R. Vásquez-Almazán, T.J. Papenfuss & D.B. Wake. 2009. Dramatic declines in neotropical salamander populations are an important part of the global amphibian crisis. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106:3231-3236.
- Rödder, D. & J.O. Engler. 2011. Quantitative metrics of overlaps in Grinnellian niches: advances and possible drawbacks. *Global Ecology and Biogeography* 20:915-927.



- Savage, J.M. 2002. The Amphibians and Reptiles of Costa Rica. A Herpetofauna Between Two Continents, Between Two Seas. Chicago University Press, Chicago, USA.
- Segurado, P., M.B. Araújo & W.E. Kunin. 2006. Consequences of spatial autocorrelation for niche-based models. *Journal of Applied Ecology* 43:433-444.
- Simoes, M., D. Romero-Alvarez, C. Nuñez-Penichet, L. Jiménez & M.E. Cobos. 2020. General theory and good practices in ecological niche modeling: a basic guide. *Biodiversity Informatics* 15:67-68.
- Smith, A.M. & D.M. Green. 2005. Dispersal and the metapopulation paradigm in amphibian ecology and conservation: are all amphibian populations metapopulations? *Ecography* 28:110-128.
- Soberon, J. & A.T. Peterson. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics* 2:1-10.
- Solis, F., R. Ibañez, D. Wake, W. Bolivar & J. Renjifo. 2008. *Oedipina parvipes*, The IUCN Red List of The of Threatened Species. Versión 2014.2. <www.iucnredlist.org>.
- Title, P.O. & J. B. Bemmels. 2018. ENVIREM: an expanded set of bioclimatic and topographic variables increases flexibility and improves performance of ecological niche modeling. *Ecography* 41:291-307.
- UICN. 2012. Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1. Segunda edición. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido: UICN. Originalmente publicado como IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second edition. (Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN, 2012).
- Warren, D.L. 2012. In defense of 'niche modeling'. *Trends in Ecology & Evolution* 27:497-500.
- Welsh Jr, H.H. & S. Droege. 2001. A case for using plethodontid salamanders for monitoring biodiversity and ecosystem integrity of North American forests. *Conservation Biology* 15:558-569.
- Williams, E.E. 1983. Ecomorphs, faunas, island size, and diverse end points in island radiations of *Anolis*. Pp. 326-370. In R.B. Huey, E.R. Pianka & T.W. Schoener (Eds.), *Lizard Ecology: Studies of a Model Organism*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, USA.



GEOGRAPHIC DISTRIBUTION AND NATURAL HISTORY OF *TANTILLA SCHISTOSA* (SQUAMATA: COLUBRIDAE)

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA E HISTORIA NATURAL DE *TANTILLA SCHISTOSA* (SQUAMATA: COLUBRIDAE)

Maisie G. MacKnight¹, Roberto Luna-Reyes² & Adam G. Clause³

¹Department of Ecosystem Science and Management, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania 16802, USA

²Dirección de Áreas Naturales y Vida Silvestre, Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural, Tuxtla Gutiérrez 29000, Chiapas, México

³Department of Herpetology, San Diego Natural History Museum, San Diego, California 92101, USA

*Correspondence: maisiemack17@gmail.com

Received: 2023-09-16. Accepted: 2024-01-09. Published: 2024-03-07.

Editor: Ana Gatica Colima, México

Resumen.— Aunque las serpientes del género *Tantilla* están ampliamente distribuidas en gran parte del hemisferio occidental, muchos aspectos de su distribución y ecología siguen siendo desconocidos. Aquí presentamos registros adicionales de distribución de *Tantilla schistosa* en el estado de Chiapas, México. También, exploramos la literatura inconsistente con respecto al rango de distribución y altitud de la especie, y aumentamos el conocimiento de su hábitat, relaciones depredador-presa y estado de conservación. Nuestro trabajo destaca el valor de usar múltiples fuentes de datos para producir una comprensión más cohesiva de la distribución geográfica y la historia natural de especies poco conocidas.

Palabras clave.— Altitud, Chiapas, conservación, dieta, hábitat, *Micrurus diastema*, Serpentes, Veracruz.

Abstract.— Although snakes of the genus *Tantilla* are widespread throughout much of the Western Hemisphere, many aspects of their distribution and ecology remain unknown. Here, we present additional distribution records of *Tantilla schistosa* in the state of Chiapas, Mexico. We also explore the inconsistent literature regarding the distributional and elevational range of the species, and augment knowledge of its habitat, predator-prey relationships, and conservation status. Our work highlights the value of using multiple data sources to produce a better understanding of the geographic distribution and natural history of little-known species.

Key words.— Chiapas, conservation, diet, habitat, elevation, *Micrurus diastema*, Serpentes, Veracruz.

Because of their often-secretive behavior, snakes are a chronically understudied component of global biodiversity (Nogueira et al., 2019). Exemplifying this pattern are the generally small-bodied, fossorial snakes in the genus *Tantilla* (Wilson, 1987). This genus is widely distributed in the Americas, ranging from the southern United States to Argentina (Wilson & Mata-Silva, 2015). However, many of the 68 recognized species of *Tantilla* (Palacios-Aguilar et al., 2022) have dramatic distribution gaps or are known to science from a small handful of specimens, and basic ecological information for most species is scarce (Wilson & Mata-Silva, 2014).

The snake *Tantilla schistosa* (Bocourt, 1883) is one such species for which much remains to be discovered. It has an unusually

broad distribution for *Tantilla* in Middle America, being known from every country in the region except for El Salvador; nonetheless, its range spans dramatic disjunctions that could be due to sampling artifacts (Wilson, 1982; Wilson, 1987; Wallach et al., 2014). In Mexico, *T. schistosa* has been reported from the states of Veracruz, Quintana Roo, Oaxaca, and Chiapas (Wilson, 1982; Ferreira García, 2005; Lujá, 2006; Luna-Reyes et al., 2013; Wilson & Mata-Silva, 2014). Wilson and Mata-Silva (2014: p. 69) also indicate that the species occurs in the Mexican state of San Luis Potosí, but this appears to have been a typographical error. A review of what little is known about the habitat and ecology of *T. schistosa* is available in Wilson and Mata-Silva (2014). Although several authors have suggested that *T. schistosa* is a species complex in need of taxonomic revision (Lee et al.,

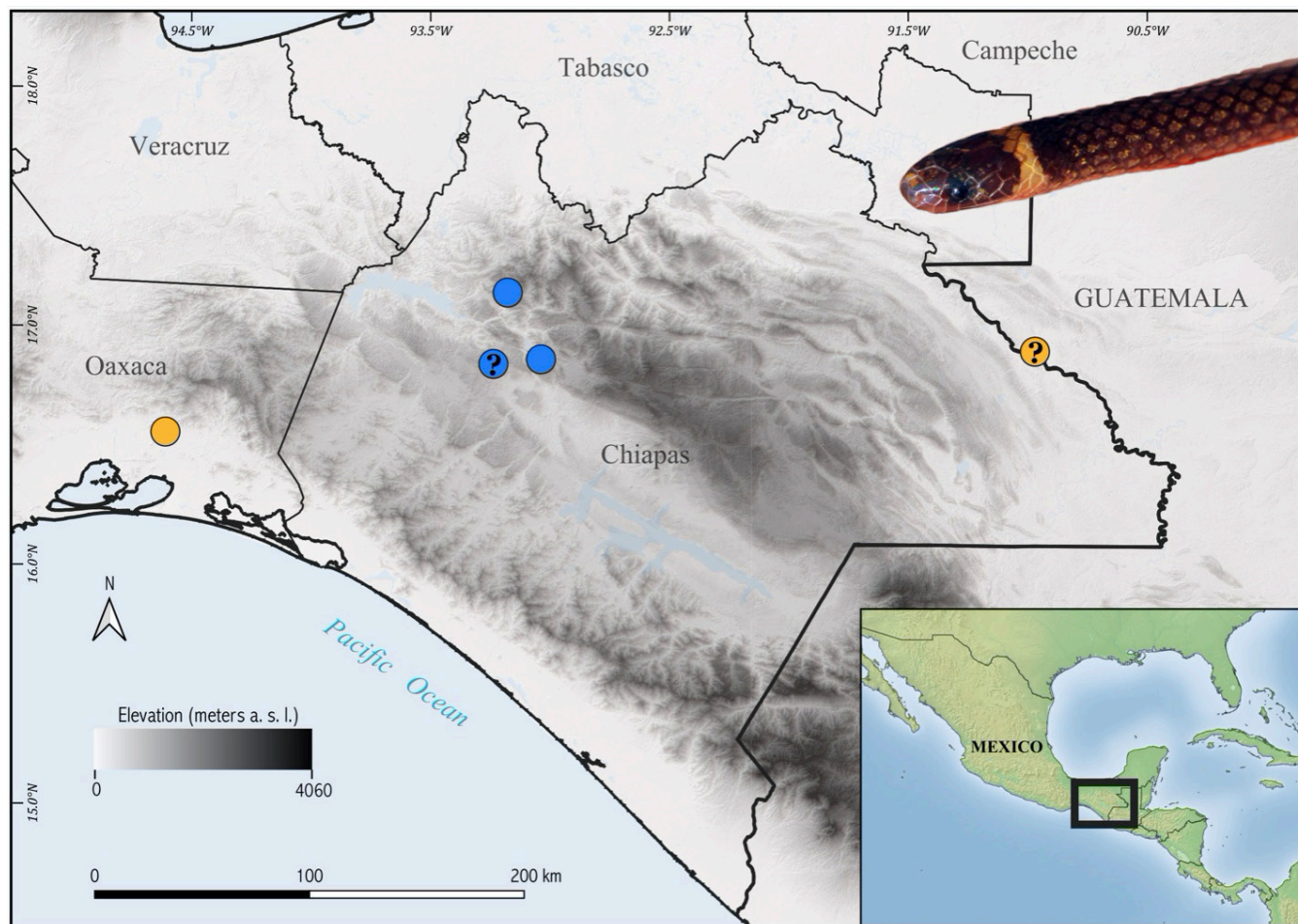


Figura 1. Distribución geográfica de *Tantilla schistosa* en y cerca de Chiapas, México. Los puntos azules indican nuevos registros (en sentido de las manecillas desde arriba: Coapilla, Osumacinta, San Fernando) y los puntos naranjas indican registros previos. Los signos de interrogación indican incertidumbre asociada con la validez de ciertos registros; ver texto para detalles. Mapa elaborado con QGIS 3.22.12-Białowieża. La imagen insertada ilustra el espécimen de *T. schistosa* MZFZ 4471 de Coapilla. Foto: Adam G. Clause.

Figure 1. Geographic distribution of *Tantilla schistosa* in and near Chiapas, Mexico. Blue dots indicate new records (clockwise from top: Coapilla, Osumacinta, San Fernando) and orange dots indicate previous records. Question marks indicate uncertainty associated with the validity of certain records; see text for details. Map produced using QGIS 3.22.12-Białowieża. Inset image illustrates *T. schistosa* specimen MZFZ 4471 from Coapilla. Photo: Adam G. Clause.

2013; Wilson & Mata-Silva, 2015; Schätti & Stutz, 2016), under the current concept of *T. schistosa*, it can be distinguished from congeners by the following combination of features: dorsum pale to dark brown, pale nuchal band present, head cap similar in color to dorsum, pale lateral stripe absent, venter cream or reddish-orange, 117–147 ventral scales, and 24–42 subcaudal scales (Wilson, 1987; Heimes, 2016).

Here, we report two verified and one possible new locality of *T. schistosa* for the state of Chiapas. These records fill a distribution gap of about 390 km between eastern Oaxaca (Wilson & Mata-Silva, 2014) and eastern Chiapas (Ferreira-García, 2005) (Fig. 1).

We also discuss and resolve various problematic aspects of the distribution, ecology, and conservation status of the species based on information resulting from field work, literature review, and examination of museum specimens.

On 13 January 2005, at 16:15 h, Roberto Luna-Reyes found a juvenile *T. schistosa* of unknown sex at Ranchería Agua Fría between Triunfo Agrarista and El Palmar, Parque Nacional Cañón del Sumidero, Municipality of Osumacinta, Chiapas (16.856° N, 93.039° W, WGS 84, ca. 1,200 m a.s.l.). The snake (Fig. 2E–2G) was in oak-pine forest under a downed pine log in dry pine and oak leaves and moist pine bark. It had 7/7 supralabial

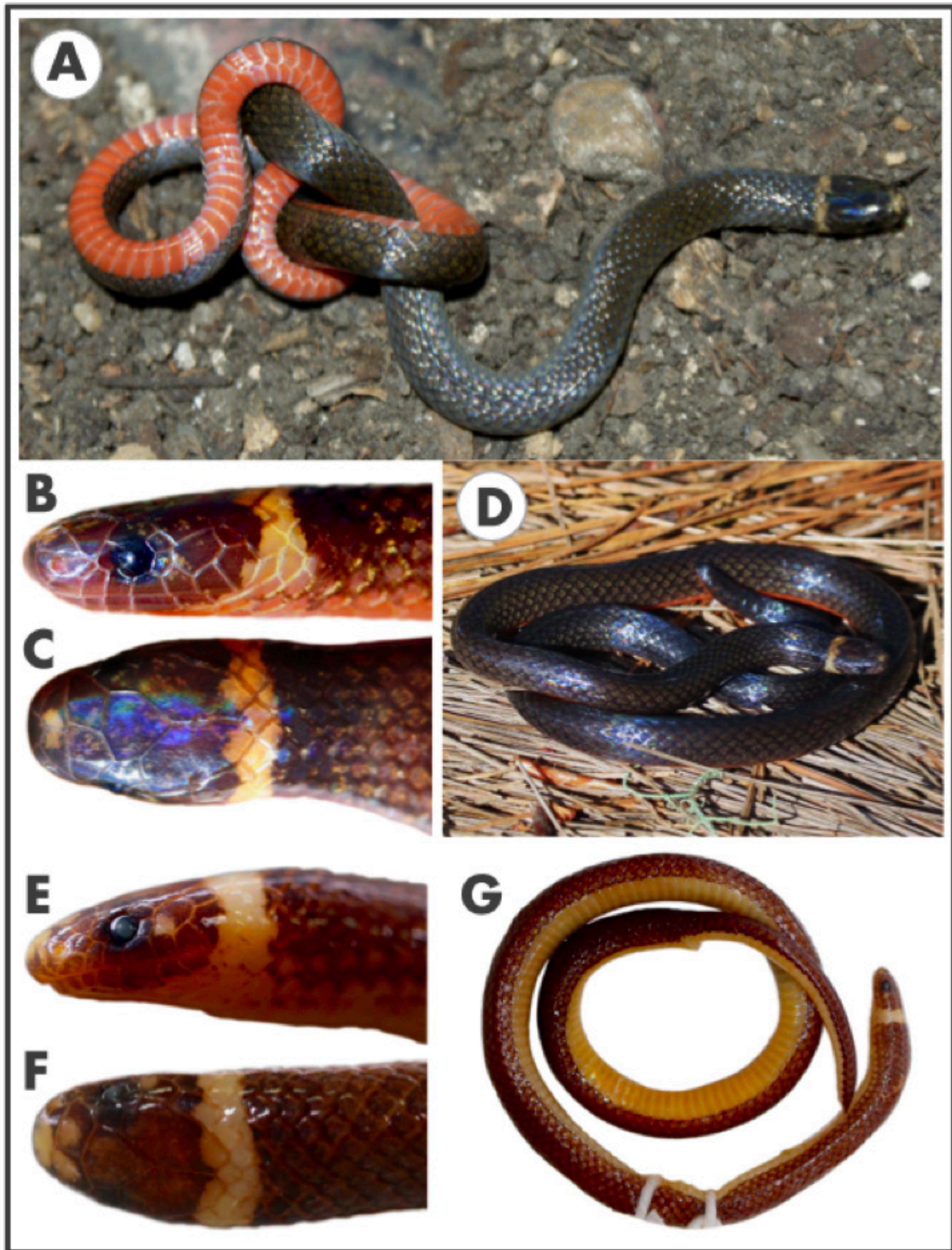


Figura 2. Nuevos registros de *Tantilla schistosa* en Chiapas, México: Individuo adulto capturado y liberado, identificado tentativamente como *T. schistosa* de San Fernando (A), macho adulto MZfZ 4471 de Coapilla (B-D), y ejemplar juvenil CZRHE 3396 de Osumacinta (E-G). Imágenes sin escala. Fotografías por Roberto Luna Reyes (A), y Adam G. Clause (B-G)

Figure 2. New records of *Tantilla schistosa* from Chiapas, Mexico: captured and released adult individual tentatively identified as *T. schistosa* from San Fernando (A), adult male specimen MZfZ 4471 from Coapilla (B-D), and juvenile specimen CZRHE 3396 from Osumacinta (E-G). Images not to scale. Photographs by Roberto Luna Reyes (A), and Adam G. Clause (B-G).

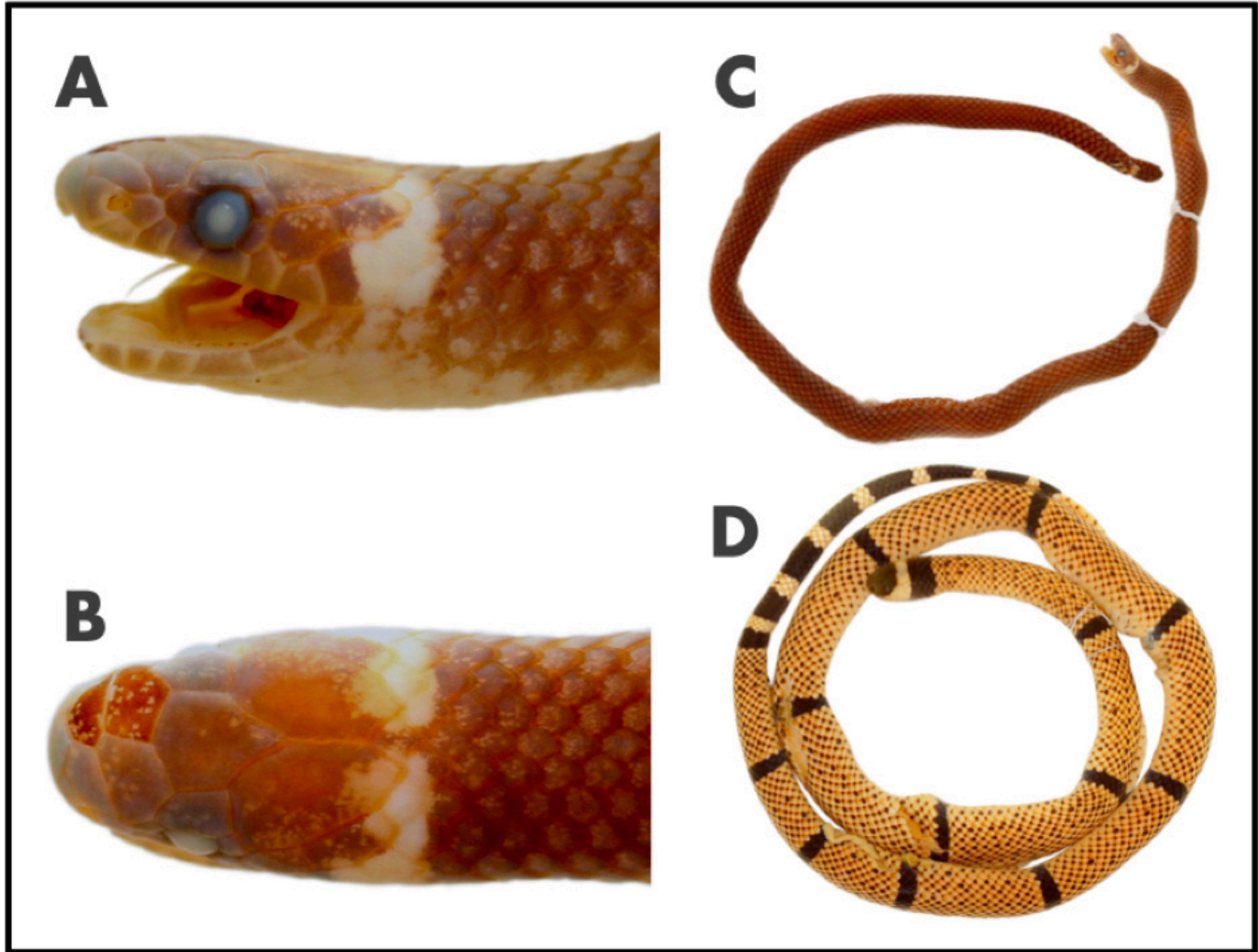


Figura 3. Ejemplar de *Tantilla schistosa* LACM 51799 (A-C) sacado del estómago de un ejemplar atropellado de *Micrurus diastema* LACM 51797 (D) encontrado en Veracruz, México, representando la primera interacción presa-depredador entre estas dos especies. Imágenes sin escala. Fotografías por Adam G. Clause.

Figure 3. *Tantilla schistosa* specimen LACM 51799 (A-C) taken from the stomach of a roadkill *Micrurus diastema* specimen LACM 51797 (D) found in Veracruz, Mexico, representing the first known prey-predator interaction between these two species. Images not to scale. Photographs by Adam G. Clause.

scales, 6/6 infralabial scales, 15-15-15 dorsal scale rows, 149 ventral scales, and 31 subcaudal scales. Although this ventral scale count exceeds the maximum of 147 that was previously reported for *T. schistosa*, it is nonetheless inconsistent with similar species of *Tantilla* that occur in or near Chiapas. The identity of the specimen was verified by Luis Canseco-Márquez, and it was deposited at the Colección Zoológica Regional Herpetológica de la Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural (CZRHE 3396, formerly IHNHERP 3396; whole-body specimen, no tissue sample). This record is 170 km northeast of the nearest pre-existing record (CAS 143899; Wilson & Mata-Silva, 2014), in the

neighboring state of Oaxaca (Fig. 1). The new specimen was mentioned and illustrated with a photo in life in the unpublished thesis of Hidalgo-García (2008), but herein, we provide detailed information for the first time.

On 13 August 2021, at 19:30 h, Maisie G. MacKnight and Marcos Joaquín Fitz Pérez found an adult male *T. schistosa* along the Coapilla–Unión Portes Gil road, 2.1 road km west-northwest of the Coapilla centro, Municipality of Coapilla, Chiapas (17.13534° N, 93.17813° W, WGS 84, 1,645 m a.s.l.). The snake (Fig. 2B–2D) was surface active on a dirt road in pine-oak forest. It had a

snout-to-vent length of 210 mm, a broken tail that measured 28 mm, weighed 3.5 g, and had 7/7 supralabial scales, 6/6 infralabial scales, 15-15 dorsal scale rows, and 134 ventral scales. The snake was verified by Uri O. García-Vázquez and was deposited in the Museo de Zoología de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México (MZFZ 4471; whole-body specimen and liver tissue sample). This record is 34 km northwest of the Osumacinta specimen reported in the previous paragraph (Fig. 1). The Coapilla specimen was briefly mentioned in Clause et al. (2024), but herein, we provide detailed information for the first time.

On 23 January 2013, at 11:25 h, Roberto Luna-Reyes found an adult *Tantilla* of undetermined sex in a coffee plantation 2.5 airline km southwest of Vicente Guerrero, Municipality of San Fernando, Chiapas (16.837° N, 93.238° W, WGS 84, 1,215 m a.s.l.). The snake (Fig. 2A) was under a pile of small dry logs covered with orchids, near *Chamaedorea* sp. palms and some *Yucca* sp. plants, in the shade of remnant trees of subdeciduous tropical forest and cloud forest. These nearby trees supported unidentified epiphytic bromeliads, orchids, ferns, mosses, and vines. We photographed the individual prior to release, but we took no scale counts or other morphometric data necessary to confidently rule out other species of *Tantilla*. We thus tentatively assigned this snake to *T. schistosa*, based on coloration that is consistent with the two verified new records reported above. To emphasize the need for additional evidence confirming the existence of *T. schistosa* in this area, we mapped the record with a question mark (Fig. 1).

The only pre-existing vouchered observation of *T. schistosa* in Chiapas, Mexico is a specimen that was deposited at the Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, Mexico City (ENCB 12153, formerly CBIPN 12153) from Yaxchilán, Municipality of Ocosingo, near the border with Guatemala (Ferreira García, 2005; Ferreira-García & Canseco-Marquez, 2006). Wilson and Mata-Silva (2014) assigned this specimen to *T. schistosa*, but they did not examine it themselves. When we requested the specimen for examination, staff at the ENCB collection were unable to locate it and hence it unfortunately appears to be lost (García-Vázquez, pers. comm.). Moreover, no scale counts, photographs, or other documentation of this specimen exists (Canseco-Márquez, pers. comm.). The species identity of this record, therefore, cannot be verified. Consequently, our new records from Osumacinta and Coapilla are, at present, the only confirmed records of *T. schistosa* from Chiapas.

In addition to their biogeographic importance, our new records also clarify discrepancies regarding the physiographic regions inhabited by *T. schistosa* in Chiapas. Luna-Reyes et al. (2013) indicated that the species is distributed in three of the seven physiographic regions of the state: the Meseta de Chiapas (Meseta Central), Montañas del Oriente (Eastern Highlands), and the Planicie Costera del Pacífico (Pacific Coastal Plain). Johnson et al. (2015) considered *T. schistosa* to exist in four physiographic regions, one of which differs from those identified by Luna-Reyes et al. (2013): the Sierra Madre de Chiapas. However, none of these authors provided supporting evidence for their claims (Reyes-Velasco & Ramírez-Chaparro, 2019). Our work reveals that the four verified and unverified records for *T. schistosa* from Chiapas (Fig. 1) map to the Northern Highlands (Coapilla record), the border between the Northern Highlands and the Meseta Central (Osumacinta and San Fernando records), and the Eastern Highlands (Ocosingo record) physiographic regions of the state as delineated by Johnson et al. (2015). Surprisingly, none of the four records fall within the Chiapas portions of the range polygons for *T. schistosa* as shown in Köhler (2003: p. 265; 2008: p. 283), and Lee et al. (2013), and neither do they occur in the Pacific Coastal Plain or the Sierra Madre de Chiapas as indicated by Luna-Reyes et al. (2013) and/or Johnson et al. (2015).

The elevational range of *T. schistosa* also warrants discussion. Its known upper elevational limit is 1845 m (MZFZ 4357; de la Torre-Loranca et al., 2020), yet its lower elevational limit is conflicted in the scientific literature. The species has been variously reported to occur at a minimum elevation of “sea level” (Köhler, 2003; Köhler, 2008; Lee et al., 2013), 40 m (Savage, 2002; Wilson & Johnson, 2010; Wallach et al., 2014), 50 m (Stafford & Meyer, 2000; Solórzano, 2004; Stafford et al., 2010; Solórzano, 2022), 60 m (Johnson, 1989; Wilson & Mata-Silva, 2015), “about 100 m” (Campbell, 1998), “about 300 m” (McCranie, 2011), and 950 m (Ray, 2017). The cause(s) of these discrepancies are unclear, but at least one possibility is evident. Lee (1996) published two vouchered records for the species from Belize at “Tower Hill” (MPM 7608) and “bet. Hattieville and Burrell Boom” (CM 105823) that lie at elevations of 5–15 m, depending on exact georeferencing protocols. However, Stafford et al. (2010) stated that these records are “referrable to a different species,” and the CM and MPM collection databases currently identify both specimens as *T. cuniculator*. Excluding these two Belizean records, several historical localities could represent the lowest-elevation records for *T. schistosa*, depending on exactly how they are georeferenced: LACM 51797 (Veracruz, 30–60 m), and CAS 143899 (Oaxaca, 55–70 m). Given this uncertainty, we suggest that the lower elevation limit for this species is perhaps best stated as “30–55 m above sea level.”

The new material published herein helps to expand the limited available knowledge of the ecology of *T. schistosa* as well. Aside from Stafford and Meyer (2000) and Stafford et al. (2010), the specific vegetation types with which *T. schistosa* is associated have not been characterized in detail (e.g., see Wilson, 1982; Wilson and Mata-Silva, 2014). Our new records appear to be the first published observations of the species in oak-pine forest and transitional subdeciduous tropical forest/cloud forest. Additionally, within 48 h of capture, specimen MZPZ 4471 from Coapilla defecated a pellet that contained fragments of an unidentified small centipede with a cephalic capsule that lacked ocelli. Seib (1985) documented two cryptopid centipedes in the genus *Otostigmus* eaten by *T. schistosa*, which constitute the only previous diet data for the species. Notably, many authors have cited Seib (1985) to state that *T. schistosa* eats both centipedes and insect larvae. All references to this latter prey type, however, apparently originated from a misreading of pages 107–108 in Seib (1985), which clearly indicate that only *T. jani* and *T. tayrae* were found to eat insect larvae. While in the process of preparing this publication, one of the authors (Adam G. Clause) had the opportunity to examine the *T. schistosa* specimens in the Department of Herpetology collection of the Natural History Museum of Los Angeles County, California, USA (LACM). Database notes indicate that *T. schistosa* specimen LACM 51799 (Fig. 3A–3C) was taken from the stomach of a roadkill *Micrurus diastema* specimen LACM 51797 (Fig. 3D) from “9 mi. SE Alvarado,” Veracruz, Mexico. This is just the second documented case of *T. schistosa* as prey, with the first involving a *Micrurus nigrocinctus mosquitensis* individual that ate a *T. schistosa* when the two snakes were temporarily housed together (Taylor, 1951). Interestingly, Rodríguez García et al. (1998), reported that both *M. diastema* and *M. limbatus* refused live *T. schistosa* during prey trials in captivity. Based on a recent review, *T. schistosa* is now the eighth prey species documented for *M. diastema* (Bello-Sánchez et al., 2021).

With the addition of our *T. schistosa* record from Osumacinta, the Parque Nacional Cañón del Sumidero is known to include 49 species of non-avian reptiles (Hidalgo-García, 2008). The new Coapilla record of this species also lies on community-managed lands known as the Parque Ecoturístico Laguna Verde. Other Mexican protected areas where *T. schistosa* has been documented include the Parque Nacional Cañón del Río Blanco and the Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, both in the state of Veracruz (specimens LACM 121852 and UIMNH 33861, among others; Wilson and Mata-Silva, 2014). Based on this protected area representation, together with the lack of evidence suggesting population declines, and the extensive distribution of the species across seven countries, we recommend no change to its

present categorization as Least Concern on the International Union for Conservation of Nature’s Red List of Threatened Species (Lee et al., 2013). Similarly, *T. schistosa* is not included on the Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 list of threatened species of the Mexican federal government. We consider this exclusion from the list to be justified based on the Anexo Normativo I (also known by the acronym MER; Sánchez-Salas et al., 2013), because the species meets only Criteria A. (II), B. (III), C. (III), and D. (III).

Echoing the work of other authors (Lara-Galván et al., 2023), our findings underscore how combining chance field observations, review of original scientific literature, and exploration of museum collections can offer useful insight into the biology of rarely seen species. We encourage other researchers to use this multi-method approach when possible. Acceleration of such efforts is vital for addressing several major shortfalls in biodiversity knowledge worldwide (Hortal et al., 2015; Wilson, 2017).

Acknowledgements.– We thank Adrián Nieto-Montes de Oca for allowing us to collect under his SEMARNAT permit FAUT-0093 with extension SGPA/DGVS/4755/19. Luis Canseco Márquez and Uri O. García-Vázquez kindly confirmed specimen identifications. Our gratitude to Marcos Joaquín Fitz-Pérez for helping to capture the specimen from Coapilla. Neftali Camacho and Gregory B. Pauly generously facilitated examination of specimens at the Natural History Museum of Los Angeles County, and Harry Greene shared useful information. Víctor Vásquez-Cruz kindly provided support and advice during the preparation of this note.

CITED LITERATURE

- Bello-Sánchez, E.A., C.A. Delfín-Alfonso, C. Pérez-Alvarado & F. Lara-Hernández. 2021. Noteworthy dietary records of the Variable Coral Snake *Micrurus diastema* (Serpentes: Elapidae) in America. *North-western Journal of Zoology* 17:100-105 (e211507).
- Bocourt, M.F. 1883. In A. Duméril, M. F. Bocourt, and F. Mocquard (1870–1909), *Etudes sur les reptiles*, p. i–xiv, 1–1012. In *Recherches Zoologiques pour servir à l’Histoire de la Faune de l’Amérique Centrale et du Mexique*. Mission Scientifique au Mexique et dans l’Amér Imprimerie Impériale, Paris, France
- Campbell, J.A. 1998. *Amphibians and Reptiles of Northern Guatemala, the Yucatán, and Belize*. University of Oklahoma Press.



- 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: Anguillidae) from the Northern Highlands of Chiapas, Mexico. *PLoS ONE* 19:e0295230.
- de la Torre-Loranca, M.A., R.G. Martínez-Fuentes, L. Canseco-Marquez & U.O. García-Vázquez. 2020. New records of amphibians and reptiles from Sierra de Zongolica, Veracruz and Puebla, Mexico. *Herpetological Review* 51:550-553.
- Ferreira-García, M.E. 2005. Estudio de la herpetofauna del Monumento Natural Yaxchilán, Chiapas México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Ferreira-García, M.E. & L. Canseco-Marquez. 2006. Estudio de la herpetofauna del Monumento Natural Yaxchilán, Chiapas, México. Pp. 293–310. In A. Ramírez Bautista, L. Canseco Márquez & F. Mendoza Quijano, (Eds.), *Inventarios Herpetofaunísticos de México: Avances en el Conocimiento de su Biodiversidad*. Publicaciones de la Sociedad Herpetológica Mexicana, A. C., No. 3, Mexico, D. F., México.
- Heimes, P. 2016. *Herpetofauna Mexicana Volume I: Snakes of Mexico*. Edition Chimaira, Frankfurt am Main, Germany.
- Hidalgo-García, J.A. 2008. Diversidad de reptiles del Parque Nacional Cañón del Sumidero, Chiapas, México. Tesis de Licenciatura. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. México.
- Hortal J., F. de Bello, J.A.F. Diniz-Filho, T.M. Lewinsohn, J.M. Lobo & R.J. Ladle. 2015. Seven shortfalls that beset large-scale knowledge of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 46:523-549.
- Johnson, J.D. 1989. A biogeographic analysis of the herpetofauna of northwestern Nuclear Central America. *Milwaukee Public Museum Contributions in Biology and Geology* 76:1-66.
- Johnson, J.D., V. Mata-Silva, E. García-Padilla & L.D. Wilson. 2015. The herpetofauna of Chiapas, Mexico: composition, distribution, and conservation. *Mesoamerican Herpetology* 2:272-329.
- Köhler, G. 2003. *Reptiles of Central America*. Herpeton, Verlag Elke Köhler, Offenbach, Germany.
- Köhler, G. 2008. *Reptiles of Central America, Second Edition*. Herpeton, Verlag Elke Köhler, Offenbach, Germany.
- Lara-Galván, J.L., M. Montesino-San Martín, J.F. Martínez-Montoya, J.J. Sigala-Rodríguez, J.A. Bañuelos-Alamillo, M. Barbosa. 2023. Assessing the distribution of the West Mexican Coralsnake, *Micrurus distans* Kennicott, 1860, in Zacatecas State, Mexico, using modelling based on multiple data sources. *Herpetology Notes* 16:827-836.
- Lee, J., R.C. Mandujano, M.A. López-Luna, L.D. Wilson & J.H. Townsend. 2013. *Tantilla schistosa* (errata version published in 2017), in: *The IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2022-2. <http://www.iucnredlist.org> [Consulted in February 2023].
- Lee, J.C. 1996. *The Amphibians and Reptiles of the Yucatán Peninsula*. Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Ithaca and London, USA.
- Luja, V.H. 2006. Geographic distribution. *Tantilla schistosa* (Red Earth Centipede Snake): México, Quintana Roo, Municipality of Othon P. Blanco. *Herpetological Review* 37:481-512.
- Luna-Reyes, R., L. Canseco-Márquez, y E. Hernández-García. 2013. Los reptiles. Pp. 319–328 En *La Biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado. Volumen II. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (Ed.)*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad /Gobierno del Estado de Chiapas, México.
- McCraine, J.R. 2011. *The Snakes of Honduras: Systematics, Distribution, and Conservation*. The Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Ithaca, New York, USA.
- Nogueira, C.C., A.J.S. Argôlo, 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. Giraud, 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 Jr., 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.
- Palacios-Aguilar R., L.A. Fucsko, V.H. Jiménez-Arcos, L.D. Wilson & V. Mata-Silva. 2022. Out of the past: a new species of *Tantilla* of the calamarina group (Squamata: Colubridae) from southeastern coastal Guerrero, Mexico, with comments on relationships among members of the group. *Amphibian & Reptile Conservation* 16:120-132 (e320).



- Ray, J.M. 2017. Snakes of Panama: A Field Guide to All Species. Team Snake Panama, CreateSpace Independent Publishing Platform, USA.
- Reyes-Velasco, J. & R. Ramírez-Chaparro. 2019. Algunas sugerencias para el formato de listados herpetofaunísticos de México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 2:103-106.
- Rodriguez Garcia, J., G. Pérez-Higareda, H.M. Smith & D. Chiszar. 1998. *Micrurus diastema* and *M. limbatus* (Diastema Coral Snake and Tuxtlan Coral Snake, respectively). *Diet. Herpetological Review* 29:45.
- Sánchez-Salas, J., G. Muro, E. Estrada-Castillón & J.A. Alba-Ávila. 2013. El MER: un instrumento para evaluar el riesgo de extinción de especies en México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 12:30-35.
- Savage, J.M. 2002. The Amphibians and Reptiles of Costa Rica: A Herpetofauna Between Two Continents, Between Two Seas. The University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Schätti, B. & A. Stutz. 2016. A Short Account of the Snakes of Southern Oaxaca, Mexico. Booklet self-published (pdf format only) in Oaxaca de Juárez, Mexico. ISBN 978-607-00-9873-4.
- Seib, R.L. 1985. Feeding ecology and organization of Neotropical snake faunas. Ph.D. Thesis. University of California, Berkeley, California, USA.
- Solórzano, A. 2004. Serpientes de Costa Rica: Distribución, Taxonomía e Historia Natural / Snakes of Costa Rica: Distribution, Taxonomy, and Natural History. Instituto Nacional de Biodiversidad, Santo Domingo de Heredia, Costa Rica.
- Solórzano, A. 2022. Serpientes de Costa Rica: Distribución, Taxonomía e Historia Natural. 2ª Edición. Litografía y Imprenta LIL S.A., Tibás, San José, Costa Rica.
- Stafford, P.J. & J.R. Meyer. 2000. A Guide to the Reptiles of Belize. Academic Press, The Natural History Museum, London, UK.
- Stafford, P.J., P. Walker, P. Edgar & M.G. Penn. 2010. Distribution and conservation of the herpetofauna of Belize. Pp. 370–404. In L. D. Wilson, J. H. Townsend & J. D. Johnson, (Eds.), *Conservation of Mesoamerican Amphibians and Reptiles*. Eagle Mountain Publishing, LC, Eagle Mountain, Utah, USA.
- Taylor, E.H. 1951. A brief review of the snakes of Costa Rica. *The University of Kansas Science Bulletin* 34:3-188.
- Wallach, V., K.L. Williams & J. Boundy. 2014. *Snakes of the World: a Catalogue of Living and Extinct Species*. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida, USA.
- Wilson, E.O. 2017. Biodiversity research requires more boots on the ground. *Nature Ecology & Evolution* 1:1590-1591. doi: 10.1038/s41559-017-0360-y
- Wilson, L.D. 1982. A review of the colubrid snakes of the genus *Tantilla* of Central America. *Milwaukee Public Museum Contributions in Biology and Geology* 52:1-77
- Wilson, L.D. 1987. *Tantilla schistosa*. *Catalogue of American Amphibians and Reptiles* 409:1-2
- Wilson, L.D. & J.D. Johnson. 2010. Distributional patterns of the herpetofauna of Mesoamerica, a biodiversity hotspot. Pp. 30–235. In L. D. Wilson, J. H. Townsend & J. D. Johnson, (Eds.), *Conservation of Mesoamerican Amphibians and Reptiles*. Eagle Mountain Publishing, LC, Eagle Mountain, Utah, USA.
- Wilson, L.D. & V. Mata-Silva. 2014. Snakes of the genus *Tantilla* (Squamata: Colubridae) in Mexico: taxonomy, distribution, and conservation. *Mesoamerican Herpetology* 1:4-95.
- 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.



DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA E HISTORIA NATURAL DE *TANTILLA SCHISTOSA* (SQUAMATA: COLUBRIDAE)

GEOGRAPHIC DISTRIBUTION AND NATURAL HISTORY OF *TANTILLA SCHISTOSA* (SQUAMATA: COLUBRIDAE)

Debido a su comportamiento a menudo reservado, las serpientes son un componente crónicamente poco estudiado de biodiversidad global (Nogueira et al., 2019). Ejemplificando este patrón están las serpientes fosoriales generalmente de cuerpo pequeño del género *Tantilla*. Este género tiene una amplia distribución en el continente Americano, desde el sur de los Estados Unidos hasta Argentina (Wilson & Mata-Silva, 2015). Sin embargo, muchas de las 68 especies reconocidas de *Tantilla* (Palacios-Aguilar et al., 2022) tienen vacíos dramáticos de distribución o son conocidas por la ciencia a partir de un pequeño número de especímenes, y la información ecológica básica para la mayoría de las especies es escasa (Wilson & Mata-Silva, 2014).

La serpiente *Tantilla schistosa* (Bocourt, 1883) es una de esas especies para la que queda mucho por descubrir. Esta especie tiene una distribución inusualmente amplia para una *Tantilla* en América Central, y es conocida de cada país en la región excepto El Salvador; sin embargo, su rango abarca disyunciones dramáticas que podrían deberse a efectos de muestreo (Wilson, 1982; Wilson, 1987; Wallach et al., 2014). En México, *T. schistosa* ha sido reportada en los estados de Veracruz, Quintana Roo, Oaxaca y Chiapas (Wilson, 1982; Ferreira García, 2005; Luja, 2006; Luna-Reyes et al., 2013; Wilson & Mata-Silva, 2014). Wilson y Mata-Silva (2014: p. 69) también indican que la especie ocurre en el estado mexicano de San Luis Potosí, pero esto parece haber sido un error tipográfico. Una revisión de lo poco que se sabe sobre el hábitat y la ecología de *T. schistosa* está disponible en Wilson y Mata-Silva (2014). Aunque varios autores han sugerido que *T. schistosa* es un complejo de especies que necesita una revisión sistemática integral (Lee et al., 2013; Wilson & Mata-Silva, 2015; Schatti & Stutz, 2016), bajo el concepto actual de *T. schistosa*, se puede distinguir de sus congéneres por la siguiente combinación de características: dorso pálido a marrón oscuro, banda nuchal pálida presente, dorso de la cabeza similar en color al dorso del cuerpo, franja lateral pálida ausente, vientre crema o marrón rojizo, 117-147 escamas ventrales, y 24-42 escamas subcaudales (Wilson, 1987; Heimes, 2016).

Aquí reportamos dos localidades verificadas y una posible nueva localidad de *T. schistosa* para el estado de Chiapas. Estos registros llenan un vacío de distribución de aproximadamente 390 km entre el oriente de Oaxaca (Wilson & Mata-Silva, 2014)

y el oriente de Chiapas (Ferreira-García, 2005) (Fig 1.). También discutimos y resolvimos varios aspectos problemáticos de la distribución, ecología, y estado de conservación de la especie con base en información resultado de trabajo en el campo, revisiones de la literatura, y examen de especímenes de museo.

El 13 de enero de 2005, a las 16:15 h, Roberto Luna-Reyes encontró un juvenil de *T. schistosa* de sexo desconocido en la Ranchería Agua Fría entre Triunfo Agrarista y El Palmar, Parque Nacional Cañón del Sumidero, Municipio de Osumacinta, Chiapas (16.856° N, 93.039° W, WGS 84, ca. 1,200 m.s.n.m.). La serpiente (Fig. 2E-2G) estaba en un bosque de encino-pino bajo un tronco de pino caído entre hojas secas de pino y encino y corteza de pino húmeda. Tenía 7/7 escamas supralabiales, 6/6 escamas infralabiales, 15-15-15 filas de escamas dorsales, 149 escamas ventrales y 31 escamas subcaudales. A pesar de que este conteo de escamas ventrales excede el máximo de 147 que se informó anteriormente para *T. schistosa*, sin embargo, no es consistente con especies similares de *Tantilla* que ocurren en o cerca de Chiapas. La identidad del espécimen fue verificada por Luis Canseco-Márquez y fue depositado en la Colección Zoológica Regional Herpetológica de la Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural (CZRHE 3396, anteriormente IHNHERP 3396; espécimen de cuerpo entero, no se obtuvo muestra de tejido). Este registro es 170 km al noreste del registro más cercano preexistente, en el vecino estado de Oaxaca (Fig. 1). El nuevo espécimen fue mencionado e ilustrado con una fotografía en vida en la tesis inédita de Hidalgo-García (2008), pero aquí, proporcionamos información detallada por primera vez.

El 13 de agosto de 2021, a las 19:30 h, Maisie G. MacKnight y Marcos Joaquín Fitz Pérez encontraron un macho adulto atropellado en el tramo carretero Coapilla-Unión Portes Gil, a 2.1 km al oeste noroeste del centro de Coapilla, Municipio de Coapilla, Chiapas (17.13534° N, 93.17813° O, WGS 84, 1,645 m.s.n.m.). La serpiente (Fig. 2B-D) estaba activa en la superficie en un camino de terracería en un bosque de pino-encino. Tenía una longitud hocico-cloaca de 210 mm, una cola rota que medía 28 mm, pesaba 3,5 g y tenía 7/7 escamas supralabiales, 6/6 escamas infralabiales, 15-15-15 filas de escamas dorsales y 134 escamas ventrales. La serpiente fue verificada por Uri O. García-Vázquez y fue depositada en el Museo de Zoología de la Facultad

de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México (MZFZ 4471; espécimen de cuerpo entero y muestra de tejido hepático). Este registro es 34 km al noroeste del espécimen de Osumacinta reportado en el párrafo anterior (Fig. 1). El espécimen de Coapilla fue brevemente mencionado en Clause et al. (2024), pero aquí, proporcionamos información detallada por primera vez.

El 23 de enero de 2013, a las 11:25 h, Roberto Luna-Reyes encontró un adulto de sexo desconocido en una plantación de café a 2.5 km por aire al suroeste de Vicente Guerrero, Municipio de San Fernando, Chiapas (16.837° N, 93.238° W, WGS 84, 1,215 m.s.n.m.). La serpiente (Fig. 2A) estaba debajo de un montón de troncos delgados secos cubiertos con orquídeas, cerca de ejemplares de palma del género *Chamaedorea* y alguna planta de *Yucca* sp., a la sombra producida por árboles remanentes de bosque tropical subcaducifolio y bosque mesófilo de montaña. Estos árboles cercanos tienen epífitas como bromelias, orquídeas, helechos, musgos y bejucos no identificados. Nosotros fotografiamos al individuo antes de su liberación, pero no realizamos conteos de escamas u otros datos morfométricos necesarios para descartar otras especies de *Tantilla*. A pesar de ello, asignamos tentativamente esta serpiente a *T. schistosa*, debido a la coloración que es consistente con los dos registros verificados que informamos arriba. Para enfatizar la necesidad de contar con información adicional sobre este registro y confirman la existencia de *T. schistosa* en esta área, mapeamos el registro con un signo de interrogación (Fig. 1).

La única observación preexistente de *T. schistosa* en Chiapas, México, es un espécimen que fue depositado en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México (ENCB 12153, formalmente CBIPN 12153) de Yaxchilán, Municipio de Ocosingo cerca de la frontera con Guatemala (Ferreira García, 2005; Ferreira-García & Canseco-Marquez, 2006). Wilson y Mata-Silva (2014) asignaron este espécimen como *T. schistosa*, aunque ellos no lo examinaron directamente. Cuando solicitamos el espécimen para su examen, el personal de la colección de la ENCB no pudo localizarlo, y desafortunadamente, al parecer se encuentra perdido (García-Vázquez, pers. comm.). Además, no existe conteo de escamas, fotografías, u otra documentación sobre dicho espécimen (Canseco-Márquez, pers. comm.). Por tanto, la identidad taxonómica de este registro no pudo ser verificada. En consecuencia, este resultado indica que nuestros nuevos registros de Osumacinta y Coapilla son, en la actualidad, los únicos registros verificados y confirmados de *T. schistosa* de Chiapas.

Además de su importancia biogeográfica, nuestros nuevos registros aclaran también discrepancias sobre las regiones fisiográficas habitadas por *T. schistosa* en Chiapas. Luna-Reyes et al. (2013) refieren que la especie se distribuye en tres de las siete regiones fisiográficas del estado: Meseta de Chiapas, Montañas del Oriente y Planicie Costera del Pacífico. Johnson et al. (2015) consideraron que la especie habita en cuatro regiones fisiográficas, de las cuáles una es diferente en comparación con las señaladas por Luna-Reyes et al. (2013): Sierra Madre de Chiapas. Sin embargo, dichos autores no proporcionaron evidencia que respalde dichas afirmaciones (Reyes-Velasco & Ramírez-Chaparro, 2019). Nuestro trabajo revela que los cuatro registros verificados y no verificados de *T. schistosa* de Chiapas (Fig. 1) ocurren en las Montañas del Norte (registro de Coapilla), en el límite entre las regiones Montañas del Norte de Chiapas y Meseta de Chiapas (registros de Osumacinta y San Fernando) y en las Montañas del Oriente (registro de Ocosingo) regiones fisiográficas del estado como lo delinean Johnson et al. (2015). Sorprendentemente, ninguno de los cuatro registros se encuentra dentro de las porciones de Chiapas de los polígonos de distribución de *T. schistosa* como se muestra en Köhler (2003: p. 265; 2008: p. 283) y Lee et al. (2013), y tampoco ocurren en la Planicie Costera del Pacífico o en la Sierra Madre de Chiapas como es indicado por Luna-Reyes et al. (2013) y/o Johnson et al. (2015).

El intervalo altitudinal también amerita una discusión. Se sabe que el límite superior de altitud es 1,845 m, pero también se sabe que el límite inferior de altitud está en conflicto en la literatura científica. La especie ha sido reportada que ocurre en una altitud mínima sobre el nivel del mar (Köhler, 2003; Köhler, 2008; Lee et al., 2013), 40 m (Savage, 2002; Wilson & Johnson, 2010; Wallach et al., 2014), 50 m (Stafford & Meyer, 2000; Solórzano, 2004; Stafford et al., 2010; Solórzano, 2022), 60 m (Johnson, 1989; Wilson & Mata-Silva, 2015), “unos 100 m” (Campbell, 1998), “unos 300 m” (McCranie, 2011), y 950 m (Ray, 2017). Las causas de estas discrepancias no están claras, pero al menos una posibilidad es evidente. Lee (1996) publicó dos registros confirmados para la especie de Beliz a “Tower Hill” (MPM 7608) y “bet. Hattieville and Burrell Boom” (CM 105823) que se encuentra en altitudes de 5-15 m, dependiendo de los protocolos exactos. Sin embargo, Stafford et al. (2010) declararon que estos registros son “referrable to a different species” (referidos a diferentes especies) y los bases de datos de colección del CM y MPM actualmente identifican a ambos especímenes a *T. cumulator*. Excluyendo estos dos registros beliceños, varias localidades históricas podría representar los registros de altitud más bajos para *T. schistosa*, dependiendo de cómo estén georreferenciados LACM 51797 (Veracruz, 30–60



m), y CAS 143899 (Oaxaca, 55–70 m). Dada esta incertidumbre, sugerimos que el límite de altitud inferior para esta especie que tal vez sea mejor expresarlo como “entre 30-55 m sobre el nivel del mar.”

El nuevo material publicado aquí también ayuda a explicar el conocimiento disponible limitando de la ecología de *T. schistosa*. Aparte de Stafford and Meyer (2000) y Stafford et al. (2010), los tipos de vegetación específicos con los que *T. schistosa* está asociada no se han caracterizado en detalle. Nuestros nuevos registros parecen ser las primeras observaciones publicando de la especie en bosque de encino-pino y una zona transicional entre bosque tropical subcaducifolio y bosque mesófilo de montaña. Adicionalmente, dentro de las 48 horas de captura, el espécimen MZPZ 4471 de Coapilla defecó una bolita que contenía fragmentos de un ciempiés pequeño no identificado con una capsula cefálica sin ocelos. Seib (1985) documentó dos ciempiés criptoides del género *Otostigmus* comidos por *T. schistosa*, que constituyen los únicos datos previos sobre la dieta de la especie.

En particular, muchos autores han citado a Seib (1985) para afirmar que *T. schistosa* se alimenta tanto de ciempiés como de larvas de insectos. Sin embargo, todas las referencias a este último tipo de presa aparentemente se originaron a partir de una interpretación errónea de las páginas 107-108 en Seib (1985), que indican claramente que solo *T. jani* y *T. tayrae* comían larvas de insecto. Mientras preparábamos esta publicación, uno de los autores (Adam G. Clause) tuvo la oportunidad de examinar los especímenes de *T. schistosa* en la colección del Departamento de Herpetología del Natural History Museum of Los Angeles County, California, EE. UU. (LACM). Las notas de la base de datos indican que el espécimen LACM 51799 de *T. schistosa* (Fig. 3A-3C) se tomó del estómago de un espécimen (LACM 51797) de *Micrurus diastema* atropellado (Fig. 3D) de “9 mi. SE Alvarado”, Veracruz, México. Este es sólo el segundo caso documentado de *T. schistosa* como presa, y el primero que involucró a un individuo de un *Micrurus nigrocinctus mosquitensis* que se comió a una *T. schistosa* cuando las dos serpientes estaban juntas temporalmente (Taylor, 1951). Interesantemente, Rodríguez García et al. (1998), informaron que tanto *M. diastema* como *M. limbatus* rechazaron *T. schistosa*

viva durante los ensayos de presas en cautiverio. Con base en una revisión reciente, *T. schistosa* es ahora la octava especie de presa documentada para *M. diastema* (Bello-Sánchez et al., 2021).

Con la adición de nuestro registro de *T. schistosa* de Osumacinta, se sabe que el Parque Nacional Cañón del Sumidero incluye 49 especies de reptiles no aviares (Hidalgo-García, 2008). El nuevo registro de Coapilla de esta especie se encuentra en terrenos comunitarios denominado Parque Ecoturístico Laguna Verde. Otras áreas naturales protegidas mexicanas donde ha sido documentada la ocurrencia de *T. schistosa* incluyen el Parque Nacional Cañón del Río Blanco y la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, ambas en el estado de Veracruz (especímenes LACM 121852 y UIMNH 33861, entre otros; Wilson y Mata-Silva, 2014). Basado en esta representación en diferentes áreas naturales protegidas, junto con la falta de evidencia de la disminución de la población, recomendamos no cambiar su categorización permaneciendo como Preocupación Menor (Least Concern) en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Lee et al., 2013). De forma similar, *T. schistosa* no está incluida en la lista de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 de especies amenazada del gobierno federal de México. Consideramos justificada esta exclusión de la lista con base en el Anexo Normativo I (también conocido por el acrónimo MER; Sanchez-Salas et al., 2013), ya que la especie sólo cumple con los criterios A. (II), B. (III), C. (III), y D. (III).

Haciendo eco del trabajo de otros autores (Lara-Galván et al., 2023), nuestros hallazgos subrayan cómo la combinación de observaciones casuales de campo, revisión de literatura científica original y revisión de colecciones de museos puede ofrecer información útil sobre la biología de especies raramente vistas. Alentamos a otros investigadores a utilizar este enfoque multimétodo cuando sea posible. La aceleración de tales esfuerzos es vital para abordar varias deficiencias importantes en el conocimiento de la biodiversidad en todo el mundo (Hortal et al., 2015; Wilson, 2017).



TALLA MÁXIMA EN LA CULEBRA CHATA DE BAIRD *SALVADORA BAIRDI* (COLUBRIDAE)

MAXIMUM SIZE IN THE BAIRD'S PATCH-NOSED SNAKE *SALVADORA BAIRDI* (COLUBRIDAE)

Sharon Yedid Valdez-Rentería¹ & Hublester Domínguez-Vega^{1*}

¹División de Desarrollo Sustentable. Universidad Intercultural del Estado de México. San Felipe del Progreso, 50640, Estado de México, México.

*Correspondencia: hublester.dvega@gmail.com

Received: 2023-11-09. Accepted: 2024-01-18. Published: 2024-03-07.

Editor: Itzcoatl Maldonado Reséndiz, México.

Abstract.— The Baird's patch-nosed snake (*Salvadora bairdi*) is a non-venomous species endemic to Mexico, included in the official regulation Nom-059 under the category of special protection (Pr). This species has a relatively wide geographical distribution, which includes the Sierra Madre Occidental and the Transmexican Volcanic Belt. In this report, we present a new maximum length for this species based on an individual recorded in the State of Mexico.

Keywords.— Colubridae, maximum size, Mexico, snakes.

Resumen.— La culebra chata de Baird (*Salvadora bairdi*) es una especie no-venenosa endémica de México, incluida en la norma oficial Nom-059 bajo la categoría de protección especial (Pr). Esta especie presenta una distribución geográfica relativamente amplia, que incluye la Sierra Madre Occidental y la Faja Volcánica Transmexicana. En esta nota reportamos una nueva longitud máxima para esta especie a partir de un individuo registrado en el Estado de México.

Palabras Clave.— Colubridae, longitud máxima, México, serpientes.

Salvadora bairdi es un colúbrido no venenoso endémico de México. Presenta una amplia distribución que cubre el noroeste de México en los estados de Sonora y Chihuahua, el sur de Sinaloa, Durango, Zacatecas, Nayarit y Jalisco; así como el centro de nuestro país a lo largo de la Faja Volcánica Transmexicana en los estados de Aguascalientes, Tlaxcala, Querétaro, Guanajuato, Michoacán, Guerrero, Estado de México, Hidalgo, Morelos, Puebla y Veracruz (Vázquez-Díaz & Quintero-Díaz, 2005; Ramírez-Bautista et al., 2014; Lemos-Espinal & Dixon, 2016; Woolrich-Piña et al., 2017; Hernández-Jiménez et al., 2021). Este colúbrido se ha registrado en elevaciones que van de los 1,400 a los 3,200 m.s.n.m. (Ramírez-Bautista et al., 2014; Heimes, 2016). Esta especie está sujeta a protección especial (Pr) de acuerdo con la norma oficial mexicana NOM-059 (SEMARNAT, 2019).

Salvadora bairdi es una especie de tamaño moderado y de acuerdo con una revisión de literatura reciente, autores como Heimes (2016), Lemos-Espinal y Dixon (2016) y Fernández-Badillo et al. (2017) reportan que la longitud total (LT) de *S. bairdi* está entre 113 y 119 cm; mientras que Hernández-Jiménez et al.

(2021) mencionan que la longitud de la cola varía entre el 22 y el 29% de la LT. El patrón de coloración consiste en una línea vertebral clara de tres escamas de ancho que comienza en el cuello y se reduce a una escama de ancho en el último tercio del cuerpo (Hernández-Jiménez et al., 2021). También presenta dos pares de líneas oscuras; de las cuales, hay un par de líneas dorsolaterales compuestas de dos a cuatro escamas de ancho que no tocan la región temporal y se conectan en la parte anterior, formando una mancha que las separa de la región parietal y un par de líneas laterales delgadas que recorren todo el cuerpo (Hernández-Jiménez et al., 2021). *Salvadora bairdi* presenta hábitos diurnos y terrestres (Canseco-Márquez & Gutiérrez-Mayén, 2012); se alimenta de lagartijas, serpientes, huevos de otros reptiles y pequeños mamíferos; habita principalmente en bosques de pino-encino, pastizales de mezquite y bosques tropicales caducifolios (Heimes, 2016). En esta nota reportamos el avistamiento de un individuo de *S. bairdi* con una talla que supera el tamaño máximo conocido para esta especie.



Figure 1. Measurement of the specimen of *Salvadora bairdi* found in La Concepción Caro, Atlacomulco, State of Mexico.

Figura 1. Medición del ejemplar de *Salvadora bairdi* encontrado en La Concepción Caro, Atlacomulco, Estado de México.

El 23 de septiembre de 2022, aproximadamente a las 13:15 h observamos un ejemplar adulto de *S. bairdi* en la localidad de Concepción Caro, municipio de Atlacomulco, Estado de México, México (19.77° N, 99.89° W, 2,527 m.s.n.m.). El ejemplar se encontraba sin vida y en proceso de descomposición sobre un camino de terracería rodeado de cultivos de maíz. De acuerdo con las mediciones estándar para registrar la talla en reptiles (Gregory, 2012) medimos la longitud hocico cloaca (LHC) y la LT del cuerpo del ejemplar, es decir, de la cabeza hasta el final de la cola, las cuales fueron de 109 cm y 137 cm respectivamente (Fig.1). La LT de este espécimen fue 24 cm superior a la talla máxima reportada por Fernández-Badillo et al. (2017).

El organismo no fue colectado debido al estado de descomposición en el que se encontraba, por lo que únicamente se tomó evidencia fotográfica. La manipulación del ejemplar se hizo bajo el permiso de colecta con oficio no. SPARN/DGVS/03797/23. La fotografía fue ingresada en la Colección Digital del Museo de Zoología de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México (MZFZ-IMG 539).

Agradecimientos.- A los habitantes de La Concepción Caro, Atlacomulco, Estado de México que nos permitieron el acceso a su propiedad para realizar el estudio del cual deriva la presente nota.

LITERATURA CITADA

- Canseco-Márquez, L. & M.G. Gutiérrez-Mayén. 2010. Anfibios y Reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Fundación para la Reserva de la Biosfera Cuicatlán A.C., Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.
- Fernández-Badillo, L., N. Morales-Capellán, C. Olvera-Olvera, G. Montiel-Canales & I. Goyenechea. 2017. Guía de las Serpientes del Estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo, México.
- Gregory, P.T. 2012. Standard data from live specimens. Pp. 138-141. En R.W. McDiarmid, M.S. Foster, C. Guyer, J.W. Gibbons & N. Chernoff (Eds.), Reptile Biodiversity Standard Methods for Inventory and Monitoring. University of California, Berkeley, California.
- Heimes, P. 2016. Herpetofauna Mexicana Vol. 1. Snakes of Mexico. Edition Chimaira, Germany.
- Hernández-Jiménez, C.A., O. Flores-Villela, A. Aguilar-Bremauntz & J.A. Campbell. 2021. Phylogenetic relationships based on morphological data and taxonomy of the genus *Salvadora* Baird & Giard, 1853 (Reptilia, Colubridae). European Journal of Taxonomy 764:85-118.
- Lemos-Espinal J. A. & J. R. Dixon. 2016. Anfibios y reptiles de Hidalgo, México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Ciudad de México, México.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, R. Cruz-Elizalde, C. Berriozabal-Islas, D. Lara-Tuñiño, I. Goyenechea & J. Castillo-Cerón. 2014. Los Anfibios y Reptiles de Hidalgo, México: Diversidad, Biogeografía y Conservación. Sociedad Herpetológica Mexicana, Ciudad de México, México.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2019. 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.
- Vázquez-Díaz, J. & G.E. Quintero-Díaz. 2005. Anfibios y Reptiles de Aguascalientes. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Aguascalientes, México.
- Woolrich-Piña, G.A., E. García-Padilla, D.L. DeSantis, J.D. Johnson, V. Mata-Silva & L.D. Wilson. 2017. The herpetofauna of Puebla, Mexico: composition, distribution, and conservation status. Mesoamerican Herpetology 4:790-884



DEPREDACIÓN DE *ANOLIS RODRIGUEZII* (DACTYLOIDAE) POR *OXYBELIS POTOSIENSIS* (COLUBRIDAE) EN EL SURESTE DE MÉXICO

PREDATION OF *ANOLIS RODRIGUEZII* (DACTYLOIDAE) BY *OXYBELIS POTOSIENSIS* (COLUBRIDAE) IN SOUTHEASTERN MEXICO

Julio C. Hernández-Hernández^{1*}, Daniela Palacios-Hernández¹, Christian E. Saiden-Carrillo¹ & Williams E. Reyes-Gamboa¹

¹Grupo Xcaret, Xel-Há, Carretera Chetumal-Puerto Juárez Km 282. Playa del Carmen, Quintana Roo, México.

*Correspondence: jhernandezhernande@xcaret.com

Received: 2023-11-27. Accepted: 2024-01-29. Published: 2024-03-07.

Editor: Leticia M. Ochoa-Ochoa, México.

Abstract. – The snake *Oxybelis potosiensis* is a generalist predator that consumes a wide variety of prey, including birds, mammals, reptiles, and fish. We present the first documented record of *Anolis rodriguezii* in the natural diet of *O. potosiensis* in Southeastern Mexico. This event contributes to the knowledge of the trophic interactions of both species.

Keywords. – Diet, predator, prey, trophic ecology.

Resumen. – La serpiente *Oxybelis potosiensis* es un depredador generalista que consume una amplia variedad de presas, que incluye aves, mamíferos, reptiles y peces. Presentamos el primer registro documentado de *Anolis rodriguezii* en la dieta natural de *O. potosiensis* en el Sureste de México. Este evento contribuye al conocimiento de las interacciones tróficas de ambas especies.

Palabras Clave. – Depredador, dieta, ecología trófica, presa.

La serpiente bejuquillo marrón del Golfo *Oxybelis potosiensis* (anteriormente *O. aeneus*, Jadin et al., 2020), es una especie arbórea neotropical de hábitos diurnos que se le puede encontrar en distintos hábitats por la vertiente del Golfo de México hasta Belice. En México se encuentra en los estados de Tamaulipas, San Luis Potosí, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo (Jadin et al., 2020). Debido al constante cambio en la taxonomía de las especies, especialmente en el Neotrópico, es apropiado generar y difundir la información sobre la historia natural de las especies, ya que, por ejemplo, aspectos biológicos de *O. potosiensis* coinciden con los de *O. aeneus*, ésta última restringida a la cuenca del Amazonas (Jadin et al., 2020; Uetz et al., 2023).

La dieta de las serpientes del género *Oxybelis* está compuesta por anfibios, pequeños mamíferos, aves, insectos, peces (Hetherington, 2006; Sellmeijer & Van den Burg, 2020; Da Costa et al., 2022) y lagartijas (Mesquita et al., 2011; Bucio-Jiménez & Flores-Loyola, 2021; Cid-Mora & Vásquez-Cruz, 2023).

El día 12 de septiembre de 2023, a las 09:33 h, en el Parque Xel-Há (20.3174° N, 87.3562° W; Datum WGS 84; 10 m.s.n.m), del grupo Xcaret, ubicado en el municipio de Cozumel, Quintana Roo, México, observamos un individuo adulto de la serpiente *O. potosiensis* alimentándose de un individuo adulto de la lagartija *Anolis rodriguezii*. Durante unos minutos la presa fue asechada en el suelo por la serpiente y poco después la presa fue capturada desde su cabeza (Fig. 1). La observación duró aproximadamente 10 minutos, posteriormente la serpiente se desplazó sobre hojas de palma chit (*Thrinax radiata*) aún con su presa en el hocico, adentrándose en la vegetación.

La identificación de *A. rodriguezii* (Fig. 1) se realizó con base en el tamaño (López-González & González-Romero, 1997) y el patrón de color (dorso predominantemente café o bronceado con marcas marrón oscuras irregulares y poco diferenciadas, la garganta y las escamas labiales son color crema o beige que contrastan con los lados oscuros de la cabeza) (Díaz-Gamboa et al., 2020) que la distingue de otras especies del género *Anolis* muy comunes dentro del parque (e.g., *A. lemurinus* y *A. sagrei*).



Figure 1. A) An individual of *Anolis rodriguezii* in the sighting area. B) Predation of *Anolis rodriguezii* by *Oxybelis potosiensis*.

Figure 1. A) Individuo de *Anolis rodriguezii* en el sitio del avistamiento. B) Depredación de *A. rodriguezii* por *Oxybelis potosiensis*.

Conductualmente se ha descrito que *A. rodriguezii* muestra cierta preferencia de la parte media de los árboles hacia abajo, en la base de los troncos o sobre rocas (Calderón-Mandujano et al., 2010), por lo que *O. potosiensis*, un cazador arborícola, posiblemente se desplace hacia el suelo para buscar alimentarse de esta especie, como se ha reportado en *O. microphthalmus* y *O. fulgidus*, que descienden al suelo para capturar lagartijas terrestres (Smith et al., 2018; Bucio-Jiménez & Flores-Loyola, 2021).

Se ha mencionado que pequeñas lagartijas diurnas de condiciones ectotérmicas, constituyen un elemento básico en la dieta de todas las especies del género *Oxybelis* (Santana & Teixeira, 2020; Auguste et al., 2021; Campos et al., 2022; da Costa et al., 2022), incluso en *O. aeneus* se ha demostrado que es un depredador especialista en lagartijas (Mesquita et al., 2011). Cabe destacar la importancia ecológica de las especies del género *Anolis* como indicadores del estado del hábitat (Rengifo et al., 2019). En el caso de *A. rodriguezii*, se ha considerado como un indicador del estado de regeneración de la vegetación, ya que en algunos estudios solo se ha registrado en los sitios con mayor edad de regeneración y se ha mantenido ausente de los sitios con disturbio más recientes (González-Sánchez, 2012; Vargas, 2014), situación que podría presentarse en el sitio de avistamiento, en donde podemos encontrar vegetación nativa conservada.

En nuestro conocimiento, esta observación representa el primer registro de depredación de la lagartija *A. rodriguezii* por *O. potosiensis* después del cambio taxonómico. Anteriormente, en el mismo parque se reportó por primera vez a la lagartija *Anolis sagrei* como presa de *O. potosiensis* (Cid-Mora & Vásquez-Cruz, 2020). Asimismo, se había mencionado que *A. rodriguezii* formaba parte de la dieta de *O. aeneus* (Lee, 1996; Campbell, 1998), sin embargo, con la actualización taxonómica del género *Oxybelis* (Jadin et al., 2020), el presente registro corresponde a *O. potosiensis*, lo que amplía la dieta de esta serpiente e incorpora un depredador más sobre *A. rodriguezii*.

Agradecimientos.- Agradecemos a los revisores anónimos que aportaron valiosos comentarios y sugerencias para mejorar este manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Auguste, R.J., M. Jason-Marc, M. Marie-Elise & K. Edghill. 2021. Dietary records for *Oxybelis rutherfordi* (Serpentes: Colubridae) from Trinidad and Tobago. *Phyllomedusa* 20:89-92.
- Bucio-Jiménez, L.E. & C.M. Flores-Loyola. 2021. Depredación de la lagartija *Aspidoscelis communis* (Teiidae) por la serpiente *Oxybelis microphthalmus* (Colubridae) en Michoacán, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 4:131-132.
- Calderón-Mandujano, R.R., C. Pozo & J.R. Cedeño-Vázquez. 2010. Guía Rústica de los Reptiles de la Región de Calakmul, Campeche, México. CONABIO/ ECOSUR, México.
- Campos, F.S., A.R. Lage & R. Lourenço de Moraes. 2022. Predation of *Gymnodactylus darwinii* (Squamata: Phyllodactylidae) by *Oxybelis aeneus* (Squamata: Colubridae) in Morro de São Paulo (Tinhare Island), state of Bahia, Northeastern Brazil. *Herpetology Notes* 15:97-99.
- Campbell, J.A. 1998. Amphibian and Reptiles of Northern Guatemala, the Yucatán, and Belize. Norman: University of Oklahoma Press, USA.
- Cid-Mora, O. & V. Vásquez-Cruz. 2023. Nuevo registro en la dieta de la bejuquillo parda *Oxybelis aeneus* (Serpentes: Colubridae). *Revista Latinoamericana de Herpetología* 3:98-100.
- Da Costa, F.R., Y.F. Pezeta, M.A. Crozariol, T.P. de Oliveira, R.W. Henderson & R.C. González. 2022. A review of the diet of *Oxybelis aeneus* group (Squamata: Colubridae) including two new prey records from north-eastern Brazil. *Herpetology Notes* 15:785-795.
- Díaz-Gamboa, L., D.M. Herrera, A. Gallardo, R. Cedeño-Vázquez, V. González, X. Chiappa-Carrara & C. Yañez-Arenas. 2020. Catálogo de Reptiles de la Península de Yucatán. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- González-Sánchez, V.H. 2012. Diversidad y Selección de Hábitat de Reptiles en Sitios con Diferentes Estados de Regeneración Vegetal en el ejido X-Hazil Sur y Anexos, Quintana Roo. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur. México.
- Hetherington, T.E. 2006. *Oxybelis aeneus* (Brown Vine Snake). *Diet. Herpetological Review* 37:94-95.
- Jadin, R.C., C. Blair, S.A. Orlofske, M.J. Jowers, G.A. Rivas, L.J. Vitt, J.M. Ray, E.N. Smith & J.C. Murphy. 2020. Not withering on the evolutionary vine: systematic revision of the Brown Vine Snake (Reptilia: Squamata: *Oxybelis*) from its northern distribution. *Organisms Diversity and Evolution* 20:723-746.



- Lee, J.C. 1996. The Amphibians and Reptiles of the Yucatán Peninsula. Cornell University Press, New York, USA.
- López-González, C. & A. González-Romero. 1997. The lizard community from Cozumel Island, Quintana Roo, Mexico. *Acta Zoológica* (n.s.) 72:27-38.
- Mesquita, P., D.M. Borges-Nojosa, D.C. Passos & C.H. Bezerra. 2012. Activity patterns of the Brown Vine snake *Oxybelis aeneus* (Wagler, 1824) (Serpentes, Colubridae) in the Brazilian semiarid. *Animal Biology* 62:289-299.
- Rengifo, J., F. Castro-H, F.J. Purroy, P. Rengifo & M.Y. Rengifo. 2019. Importancia del género *Anolis* (Lacertilia: Dactyloidae), como indicadores del estado del hábitat, en bosque pluvial tropical del Chocó. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 11:1-13.
- Santana, D.O. & A.A. Teixeira. 2020. Predation of the lizard *Tropidurus hispidus* (Squamata, Tropiduridae) by the vine snake *Oxybelis aeneus* (Serpentes: Colubridae) in the Caatinga, northeastern Brazil. *Pesquisa e Ensino em Ciências Elatas e da Natureza* 4:1-6.
- Sellmeijer, B. & M.P. Van den Burg. 2020. Tadpole predation in the chemically defended *Oophaga pumilio* (Anura: Dendrobatidae) by *Oxybelis aeneus* (Squamata: Colubridae). *Herpetology Notes* 13:301-303.
- Smith, R.H., C. López & J.A. Lemos. 2018. *Oxybelis fulgidus* (Green Vinesnake). *Diet. Herpetological Review* 4:49.
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar, F. Reyes, J. Kudera & J. Hošek (Eds.). 2023. The Reptile Database. <http://www.reptile-database.org>, [Consultado en enero 2024].
- Vargas, M.E. 2014. Diversidad y Abundancia de Anfibios y Reptiles en Zonas Conservadas y Perturbadas en el Municipio de Santa Inés Ahuatempan, Puebla. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México.



AMPLEXOS INTERESPECÍFICOS DE MACHOS DE *SMILISCA CYANOSTICTA* (ANURA: HYLIDAE)

INTERSPECIFIC AMPLEXUS IN MALES OF *SMILISCA CYANOSTICTA* (ANURA: HYLIDAE)

Arístides García-Vinalay^{1,2}, Pedro Misael Villa Fernández¹, Linda Lili Hernández Marmolejo¹, Alejandro Emanuel Zúñiga Sánchez¹, Miguel A. de la Torre Loranca³ & Uri Omar 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, CDMX, México.

²Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito de Posgrados, Ciudad Universitaria, Ciudad de México, 04510, CDMX, México.

³Herping ZOOngolica, Finca Santa Martha Ecosuites. km 32 carretera federal Orizaba-Zongolica, Ocotepéc, Los Reyes, Veracruz, México, C.P. 95000, México

*Correspondencia: uri.garcia@zaragoza.unam.mx

Received: 2024-01-08. Accepted: 2024-02-14. Published: 2024-03-11.

Editor: Sean Rovito, México.

Abstract.– Reports of interspecific amplexus are common in species that possess explosive breeding, however, interspecific amplexus events that involve dead individuals are not as common. Here, we report two interspecific amplexus events that involve two *Smilisca cyanosticta* males, one with a living specimen of *Agalychnis moreletii* and the other with a dead female of *Craugastor decoratus*. This type of amplexus is an energy loss to the male involved, preventing its reproduction.

Keywords.– Behaviour, Hylidae, energy, Veracruz.

Resumen.– Los reportes de amplexos interespecíficos son comunes en especies de reproducción explosiva, sin embargo, los amplexos interespecíficos con individuos muertos son raros. Aquí, reportamos dos casos de amplexos interespecíficos en dos machos de *Smilisca cyanosticta*, uno con una hembra de *Agalychnis moreletii* y otro con una hembra muerta de *Craugastor decoratus*, este tipo de amplexos representan una pérdida de energía para el macho involucrado y evita que se reproduzca.

Palabras Clave.– Comportamiento, Hylidae, energía, Veracruz.

En algunas especies de anuros los periodos de reproducción pueden ser explosivos, con una duración de unos pocos días, mientras que en otras pueden prolongarse a través de plazos largos de tiempo, que pueden ir desde semanas hasta meses (Wells, 2001). En los anuros tropicales la reproducción explosiva conlleva a una reunión masiva de individuos de la misma especie y también pueden ser de diferentes especies en los sitios con condiciones de reproducción favorables, lo que genera comunidades con alta diversidad (Ulloa et al., 2019). Los anuros dependen de señales de tipo auditivas, químicas y visuales para reconocer al sexo opuesto (Wells, 2001). Sin embargo, estas señales pueden fallar, debido a factores como el enmascaramiento del llamado de apareamiento por el ruido ambiental o por el llamado de apareamiento de otras especies,

la poca disponibilidad de hembras, la confusión de las señales químicas, baja selectividad reproductiva de los machos y la reproducción explosiva (Sosa-Bartuano et al., 2018). Durante los eventos de reproducción explosiva que se llevan a cabo en pozas temporales, la reunión de una cantidad masiva de individuos en un mismo lugar y la presión de reproducción puede generar amplexos interespecíficos, amplexos necrofilicos o con objetos inanimados (Bedoya et al., 2014). A pesar de sus implicaciones, estas conductas no son ocasionales, históricamente, se han registrado 187 amplexos interespecíficos entre miembros de la misma familia, 141 entre miembros de familias diferentes (Serrano et al., 2022) y ocho amplexos interespecíficos con individuos muertos entre miembros de familias diferentes (Pintanel et al., 2021).



Figure 1. Male specimen of *Smilisca cyanosticta* in amplexus with a specimen of *Agalychnis moreletii*.

Figure 1. Ejemplar macho de *Smilisca cyanosticta* en amplexo con una hembra de *Agalychnis moreletii*.

Para el género *Smilisca* se han reportado diez casos de amplexos interespecíficos, seis involucran a *S. baudinii* (Streicher, 2010; Loc-Barragán et al., 2016; Heyborne et al., 2018; Vásquez-Cruz et al., 2019), tres a *S. sila* (Sosa-Bartuano et al., 2018; Barría et al., 2023); y uno a *S. phaeota* (Sosa-Bartuano et al., 2014). Mientras que, para los géneros *Agalychnis* y *Craugastor* el número de reportes es menor, cinco involucran al género *Agalychnis*, un caso para *A. dacnicolor* (Streicher, 2010), tres para *A. callidryas* (Marchant et al., 2015; Nahuat-Cervera et al., 2019; Acosta-Chaves et al., 2020) y uno para *A. moreletii* (Vásquez-Cruz et al., 2019), mientras que para *Craugastor*, se han registrado dos casos en *Craugastor fitzingeri* (Stynoski et al., 2013; Sosa-Bartuano et al.,

2018). Por lo que el presente trabajo representa el primer reporte de amplexo interespecífico entre *S. cyanosticta* y *C. decoratus*, y el segundo para *A. moreletii*.

El 30 de marzo del 2023 a las 21:30 hrs en la localidad Colonia La Modelo, municipio de Tezonapa, Veracruz, México (18.651750° N, 96.855495° O, WGS84, 1,449 m.s.n.m.) se observó a un macho de *S. cyanosticta* en amplexo con una hembra de *A. moreletii* (Fig. 1), ambos se encontraban en una poza artificial. En los ensamblajes de anuros, diferentes especies pueden compartir el uso de recursos para la reproducción como los mismos sitios, la temporada e incluso el microhábitat necesario para reproducirse como lo es

la vegetación aledaña al sitio de reproducción (Ferrerira-Lirio et al., 2019). Esto ocurre en el sitio de estudio con *S. cyanosticta* y *A. moreletii* lo que conlleva a una mayor probabilidad de que ocurran amplexos interespecíficos.

Más tarde, el 01 de abril del 2023 a las 21:37 hrs en una zona cercana de la misma localidad (18.66447° N, 96.85004° O, WGS84, 1468 msnm) observamos a otro macho de *S. cyanosticta* en amplexo con una hembra de *Craugastor decoratus* dentro del agua en una poza artificial, el ejemplar de *C. decoratus* se encontraba con vida al momento de la observación, sin embargo, murió poco tiempo después; se ha reportado que la muerte por ahogamiento durante el amplexo es una de las principales causas de este comportamiento (Pintanel et al., 2021). El evento se grabó en video y se depositó en la Colección Digital del Museo de Zoología de la Facultad de Estudios Zaragoza, UNAM (MZFZ-VID 002).

Debido a sus hábitos terrestres es probable que la hembra de *C. decoratus* se encontrara cerca del sitio de reproducción y fuera sujeta por el macho de *S. cyanosticta*, observaciones similares han ocurrido entre *Haddadus binotatus* (Spix, 1824) y *Ololygon kautsky* Carvalho-e-Silva & Peixoto, 1991 (Ferreira-Lirio et al., 2019) y en *S. sila* y *C. fitzingeri* (Schmidt, 1857) (Sosa-Bartuano et al., 2018).

Las pozas artificiales funcionan como punto de reunión durante los días de reproducción explosiva para *S. cyanosticta*, una rana con larva acuática; la presencia de estas pozas en zonas en las que de forma natural no habría cuerpos de agua podría ser una causa de los amplexos aberrantes que se observaron. Estos amplexos son un comportamiento resultado de una fuerte presión inter e intra-sexual (Shuster & Arnold, 2007) y son considerados como un comportamiento que afecta negativamente la adecuación de los individuos ya que la reproducción no es exitosa, además representa una inversión de energía para el macho involucrado que no favorece la reproducción, crecimiento o supervivencia (Haddad, 1994; Marco & Lizana, 2002; Ayres, 2010).

Agradecimientos.- Agradecemos a la Dirección General de Apoyo al Personal Académico, Universidad Nacional Autónoma de México (PAPIIT-IN 221016) y CONAHCYT (A1-S-37838) por los fondos otorgados a Uri García-Vázquez. Además, agradecemos a la Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental por los permisos de colecta otorgados. Agradecemos al ejidatario Victor Amaya por permitirnos realizar el muestreo en su propiedad, acompañar en los recorridos durante los muestreos, y permitirnos descansar en su casa.

LITERATURA CITADA

- Acosta-Chaves, J.V., S. Gutierrez-Acuña & F. Davis-Brown. 2020. *Agalychnis callidryas* (Red-eyed Tree Frog) and *Thecadactylus rapicauda* (Northern Turnip-tailed Gecko). *Abnormal amplexus*. *Herpetological Review* 51:811-812.
- Ayres, C. 2010. *Bufo bufo* (Common Toad). *Davian behavior*. *Herpetological Review* 41:192-193.
- Barría, E.A., J. Ashcroft, A. De Gracia, A. Baules, M. Quiroz, M. Miranda & D.R. Fuentes. 2023. Agonistic behaviour in the White-spotted Glassfrog, *Sachatamia albomaculata* (Taylor, 1949), with a report of interspecific amplexus. *Herpetology Notes* 16:71-74.
- Bedoya, C.S., J.C. Mantilla-Castillo & I.M. Pareja-Márquez. 2014. Necrophiliac and interspecific amplexus in *Dendrosophus columbianus* (Anura: Hylidae) in the Central Cordillera of Colombia. *Herpetology Notes* 7:515-516.
- Ferreira-Lirio, C.F., T. Gechel-Kloss, T. Silva-Soares, F.J. Riva-Tonini, A. Tamanini-Mónico & R. Barbosa-Ferreira. 2019. New records of interspecific amplexus in neotropical anurans. *Herpetology Notes* 12:705-708.
- Haddad, C.F.B., J.P. Pombal-Júnior & R.F. Batistic. 1994. Natural hybridization between diploid and tetraploid species of leaf frogs, genus *Phyllomedusa* (Amphibian). *Journal of Herpetology* 28:425-430.
- Heyborne, W.H., C. Gardner & B.A. Kemme. 2018. *Smilisca baudinii* (Mexican Treefrog) and *Incilius leutkenii* (Yellow Toad). *Interspecific amplexus*. *Herpetological Review* 49:101.
- Loc-Barragán, J.A., G. Woolrich-Peña & J.P. Ramírez-Sil. 2016. *Diaglena spatulata* and *Smilisca baudinii*. *Heterospecific amplexus*. *Mesoamerican Herpetology* 3:463-464.
- Marco, A. & M. Lizama. 2002. The absence of species and sex recognition during mate search by male common toads, *Bufo bufo*. *Ethology, Ecology and Evolution* 14:1-8.
- Marchant, D.B., T. Herman & A.C. Stein. 2015. *Agalychnis callidryas* (Red-eyed Tree Frog) and *Cruziohylla calcarifer* (Splendid Leaf frog). *Reproductive behavior*. *Herpetological Review* 46:229.
- Nahuat-Cervera, E.P., R. Zetina-Muñoz, G. Tun, A.B. López-Linares & R.J. Cedeño-Vázquez. 2019. *Agalychnis callidryas* (Red-



- eyed Tree Frog) and *Trachycephalus typhonius* (Veined TreeFrog). Reproductive Behavior. Herpetological Review 50:545-546.
- Pintanel, P., G. Obando-Moreno & A. Merino-Viteri. 2021. Necrophiliac behaviour in the recently described species *Scinax tsachila* (Anura: Hylidae), with a review of necrophilia in amphibians. Neotropical Biodiversity 7:53-56.
- Shuster, M.S. & M.E. Arnold. 2007. The effect of females on male-male competition in the isopod *Paracerceis sculpta*: a reaction norm approach to behavioral plasticity. Journal of Crustacean Biology 27:417-424.
- Sosa-Bartuano, A., J. De La Cruz & L. Vásquez. 2014: *Lithobates warszewitschii* (Warszewish's Frog). Reproductive behavior. Herpetological Review 45:479.
- Sosa-Bartuano, Á., Y.J. Añino-Ramos, V. Martínez-Cortés, R. Daniel-Fuentes & H. Fossatti. 2018. Two interspecific amplexus of *Smilisca sila* (Hylidae) with *Strabomantis bufoniformis* and *Craugastor fitzingeri* (Craugastoridae). Herpetology Notes 11:167-169.
- Streicher, W.J., M.C. Sheedy III, L.C. Cox, J. Reyes-Velasco & N.G. Weatherman. 2010. *Smilisca baudinii* (Mexican Treefrog) and *Pachymedusa dacnicolor* (Mexican Leaf Frog). Reproduction. Herpetological Review 41:208.
- Stynoski, J.L., E. Castro & O. Vargas-Rámirez. 2013. *Rhaebo haematiticus* (Litter Toad) and *Craugastor fitzingeri* (Fitzinger's Rain Frog) Reproductive behavior. Herpetological Review 44:129-130.
- Ulloa, S.J., T. Aubin, D. Llusia, A.E. Courtois, A. Fouquet, P. Gaucher, S. Pavoine & J. Seur. 2019. Explosive breeding in tropical anurans: environmental triggers, community composition and acoustic structure. BMC Ecology 19:1-17.
- Vásquez-Cruz, V., L. Canseco-Márquez & E.M. Pérez-Gámez. 2019. Two incidents of heterospecific amplexus involving Mexican treefrogs (*Smilisca baudini*), a Rio Grande Leopard frog (*Lithobates berlandieri*), and a Morelet's leaf frog (*Agalychnis moreletii*) (Amphibia: Anura: Hylidae: Ranidae, and Phyllomedusidae). IRCF Reptiles and Amphibians 26:140-141.



THE COMMON GREEN IGUANA, *IGUANA IGUANA* (LINNAEUS, 1758) AS A FRUIT EATER OF “TAPEREBÁ” (*SPONDIAS MOMBIN L.*) IN THE EASTERN AMAZONIA

LA IGUANA VERDE COMÚN, *IGUANA IGUANA* (LINNAEUS, 1758) COMO CONSUMIDOR DE LA FRUTA DE “TAPAREBÁ” (*SPONDIAS MOMBIN L.*) EN EL ESTE DE LA AMAZONIA

Jéssica Stefany Costa Anaissi¹, Huann Carillo Gentil Vasconcelos² & Carlos Eduardo Costa-Campos^{1,2*}

¹Universidade Federal do Amapá, Departamento de Ciências Biológicas e da Saúde, Laboratório de Herpetologia, Macapá, AP, Brazil, CEP: 68.903-419

²Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia-Rede BIONORTE, Macapá, AP, Brazil, CEP:

68902-280

*Correspondence: dudueducampos@gmail.com

Received: 2023-10-06. **Accepted:** 2024-02-12. **Published:** 2024-03-13.

Editor: Jorge Eufrates Morales Mávil, México.

Resumen.— En esta nota anecdótica, informamos sobre el consumo de pulpa de taperebá (*Spondias mombin L.*) por *Iguana iguana* en el este de la Amazonía.

Palabras clave.— Iguanidae, hábitos alimenticios, herbívoros.

Abstract.— In this anecdotal note, we report on *Iguana iguana* consuming a fruit pulp, taperebá (*Spondias mombin L.*), in eastern Amazon.

Key words.— Iguanidae, feeding habits, herbivorous.

Iguana iguana (Linnaeus, 1758) is a widespread arboreal reptile found in Brazil in all vegetation formations, mainly in environments with tree and shrub vegetation, where they usually seen thermoregulating or resting on tree branches (Oliveira & Castro, 2017; Bock et al., 2020). *Iguana iguana* is considered herbivorous (Van Devender, 1982); however, there are records of occasional reports of consuming insects (Savage, 2002), snails (Townsend et al., 2005), bird eggs (Schwartz & Henderson, 1991), bird carcasses (Morales-Mávil & González-Solórzano, 2020) and mammal carrion (Loftin & Tyson, 1965). Here, we report on *I. iguana* consuming a fruit pulp, taperebá (*Spondias mombin L.*), in the eastern Amazon.

At 1037 h on 01 April 2023, an adult individual of *Iguana iguana* was observed feeding on *Spondias mombin L.* from the floor of the Museu Sacaca, Macapá municipality, Amapá state, North of Brazil (0.0289°N, 51.0680°W, WGS84). The area is a cultural and scientific institution located within the urban area that brings together a true collection of the way of life of indigenous and riverside peoples (Governo do Estado do Amapá, 2023). We observed the individual for three minutes, and during that time

span, the iguana ingested two fruit pulps popularly known as “taperebá” (Fig. 1). The taperebá (*Spondias mombin L.*) is a fruitful species originating in tropical America, common in the Amazon region, where it occurs in the wild state, however in the study area it found in disturbed of vegetation. Fruit pulp presents high economic potential and growing demand in Brazil’s North and Northeast regions (Sacramento & Souza, 2009).

Despite since 71% of all lizard families, such as Scincidae, Gekkonidae, and Anolidae, including some frugivorous members, other lizards families, such as Iguanidae, present a high percentage of frugivorous species (Valido & Olesen, 2019). Although few records of herbivory are available in the literature (Van Devender, 1982; Swanson, 2004), the consumption of the wild plum (*Spondias mombin*) has already been registered in individuals of *I. iguana* dissected in Panama (Swanson, 2004). To the best of my knowledge, this is the first record of pulp fruit *Spondias mombin L.* and feeding behavior for *I. iguana* in the eastern Amazon. Our observations contribute to a more complete view of the *I. iguana*’s natural history.



Figura 1. *Iguana iguana* alimentándose de pulpa de fruta, taperebá (*Spondias mombin* L.) en el este de la Amazonia. Foto: Carlos E. Costa-Campos.

Figure 1. *Iguana iguana* feeding on a fruit pulp, taperebá (*Spondias mombin* L.), in the eastern Amazon. Photo: Carlos E. Costa-Campos.

Acknowledgements.- During this study, JSCA received a fellowship from Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Carlos Eduardo Costa-Campos thanks the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq for the research grant (Proc. 307697/2022-3). This work is part of the project “Natural History of Amphibians and Reptiles of Eastern Amazon.”

CITED LITERATURE

A Bock, B., C.L. Malone, C. Knapp, J. Aparicio, T.C.S. Avila-Pires, P. Cacciali, J.R. Caicedo, G. Chaves, D.F. Cisneros-Heredia, P. Gutiérrez-Cárdenas, W. Lamar, J. Moravec, P. Perez, L.W. Porras, G. Rivas, N. Scott, A. Solórzano & J. Sunyer. 2020. *Iguana iguana*. The IUCN Red List of Threatened Species 2022:

e.T174481A218317281. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-2.RLTS.T174481A174437922.en> [Accessed on 30 May 2023].

Governo do Estado do Amapá. 2023. Museu Sacaca: conheça o modo de vida dos povos das florestas do Amapá. <https://www.amapa.gov.br/noticia/2601/museu-sacaca-conheca-o-modo-de-vida-dos-povos-das-florestas-do-amapa> [Accessed on 15 December 2023].

Loftin E. & E. Tyson. 1965. Iguanas as carrion eaters. *Copeia* 1965:515.

Morales-Mávil, J.E. & M. González-Solórzano. 2020. *Iguana iguana* (Green Iguana). Diet and scavenging. *Herpetological Review* 51:600-601.

- Oliveira, J. & T. Castro. 2017. Range extension of *Iguana iguana* Linnaeus, 1758 (Squamata: Iguanidae): the first record of an established population in southeastern Brazil. *Check List* 13:1-4.
- Sacramento, C.K. & F.X. Souza. 2009. Cajá. Pp. 83-105. In: J.A. Santos-Serejo, J.L.L. Dantas, C.V. Sampaio & Y.S. Coelho (Eds.), *Fruticultura Tropical: Espécies Regionais e Exóticas*. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília.
- Savage, J.M. 2002. *The Amphibians and Reptiles of Costa Rica*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois. USA.
- Schwartz, A. & R.W. Henderson. 1991. *Amphibians and Reptiles of the West Indies: Descriptions, Distributions, and Natural History*. University of Florida Press, Gainesville, Florida.
- Swanson, P.L. 2004. The Iguana *Iguana iguana iguana*. *Historical Perspectives* 11:179-182.
- Townsend, J.H., J. Slapcinsky, K.L. Krysko, E.M. Donlan & E.A. Golden. 2005. Predation of a Tree Snail *Drymaeus multilineatus* (Gastropoda: Bulimulidae) by *Iguana iguana* (Reptilia: Iguanidae) on Key Biscayne, Florida. *Southeastern Naturalist* 4:361-364.
- Valido, A. & J.M. Olesen. 2019. Frugivory and seed dispersal by lizards: a global review. *Frontiers in Ecology and Evolution* 7:49.
- Van Devender, R.W. 1982. Growth and ecology of spiny-tailed and green iguanas in Costa Rica, with comments on the evolution of herbivory and large body size. Pp. 162-183. In: G.M. Burghardt & A.S. Rand (Eds.), *Iguanas of the World: Their Behavior, Ecology, and Conservation*. Noyes Publications, Park Ridge, New Jersey. USA.



NUEVOS REGISTROS DISTRIBUCIONALES DE ANFIBIOS Y REPTILES EN EL ESTADO DE OAXACA, MÉXICO

NEW DISTRIBUTIONAL RECORDS OF AMPHIBIANS AND REPTILES IN THE STATE OF OAXACA, MEXICO

Elí García-Padilla^{1*}, Iván Villalobos-Juárez², Leonel Bautista-Bautista³, Celestino Méndez-Hernández⁴, Carlos Augusto Torres-Barragán⁵, Cristian Tomás-López⁶, Bartolomé López-Jiménez⁷, José Manuel Martínez-Cruz⁸ & Martín Sosa-Reyes⁹

¹Biodiversidad Mesoamericana. Oaxaca de Juárez, Oaxaca, 68016, México.

²Organización Los Hijos del Desierto, Aguascalientes, 20427, México.

³Capulálpam de Méndez, Oaxaca, 68760, México.

⁴El Manantial, Santa Martha Latuvi, Santa Catarina Lachatao, Oaxaca, 68780 México

⁵Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional. Hornos No. 1003, Col. Noche Buena, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, 71230, México.

⁶Universidad de la Sierra de Juárez, Camino a la Universidad S/N, Ixtlán de Juárez, Oaxaca, 68725, México.

⁷Santa María Chimalapa, Oaxaca, 70360, México.

⁸Morelia Michoacán de Ocampo, 58304, México.

*Correspondence: eligarciapadilla25@gmail.com

Received: 2023-11-20. Accepted: 2024-01-22. Published: 2024-03-14.

Editor: Ernesto Raya-García, México.

La diversidad herpetofaunística en México es una de las más sobresalientes a escala mundial con un total de 1,421 especies documentadas al presente (Ramírez-Bautista et al., 2023). El estado de Oaxaca es a su vez la entidad mexicana con la mayor diversidad de este grupo de vertebrados terrestres con un total de 480 especies registradas (Mata-Silva et al., 2021). Sin embargo, cada año se descubren y describen nuevas especies para la ciencia en este megadiverso estado, tanto biológica como culturalmente, ubicado en el sur de México. A pesar de esto, se conoce muy poco sobre los aspectos ecológicos y de la historia natural de la gran mayoría de las especies.

Organismos como la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN; por sus siglas en inglés) todavía mantienen a un importante porcentaje de los miembros de la herpetofauna oaxaqueña en la categoría de data deficiente (DD; datos deficientes), algunas otras siguen sin siquiera ser evaluadas. Así como también para diseñar criterios mucho más acertados al respecto de sus estatus de conservación y protección por los instrumentos y normatividades nacionales e internacionales (Ramírez-Bautista et al., 2023).

Del 2019 al 2023 documentamos registros puntuales durante numerosas salidas de campo como parte de diversos proyectos de investigación en el estado de Oaxaca, México, concretamente

en las regiones fisiográficas de la Sierra Madre de Oaxaca y Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas (Mata-Silva et al., 2015). Los ejemplares no fueron recolectados, únicamente se tomaron fotografías y las imágenes fueron depositadas en la colección digital del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma de Hidalgo. Las coordenadas fueron tomadas con el uso de un GPS datum WGS84.

En este documento presentamos 15 nuevos registros de 12 especies tanto de anfibios como de reptiles en el estado de Oaxaca (Fig. 1).

Charadrahyla chaneque (Hylidae)

México: Oaxaca: Municipio de Santa María Chimalapa: Bartolomé López Jiménez encontró un individuo adulto de *C. chaneque* el 8 de junio de 2021 dentro de un tanque de agua cerca de un vivero comunitario (16.912303° N, 94.669322° W; 260 m s.n.m.). La vegetación adyacente es bosque tropical perennifolio. El ejemplar CH-CIB 133 (Fig. 2A) representa el redescubrimiento de la especie en Oaxaca en un lapso de 60 años desde la descripción original y una extensión en el rango de distribución de aproximadamente 40 kilómetros en línea recta desde la localidad tipo mencionada como “Sierra Madre al norte de Zanatepec” (Lynch & Smith, 1966).

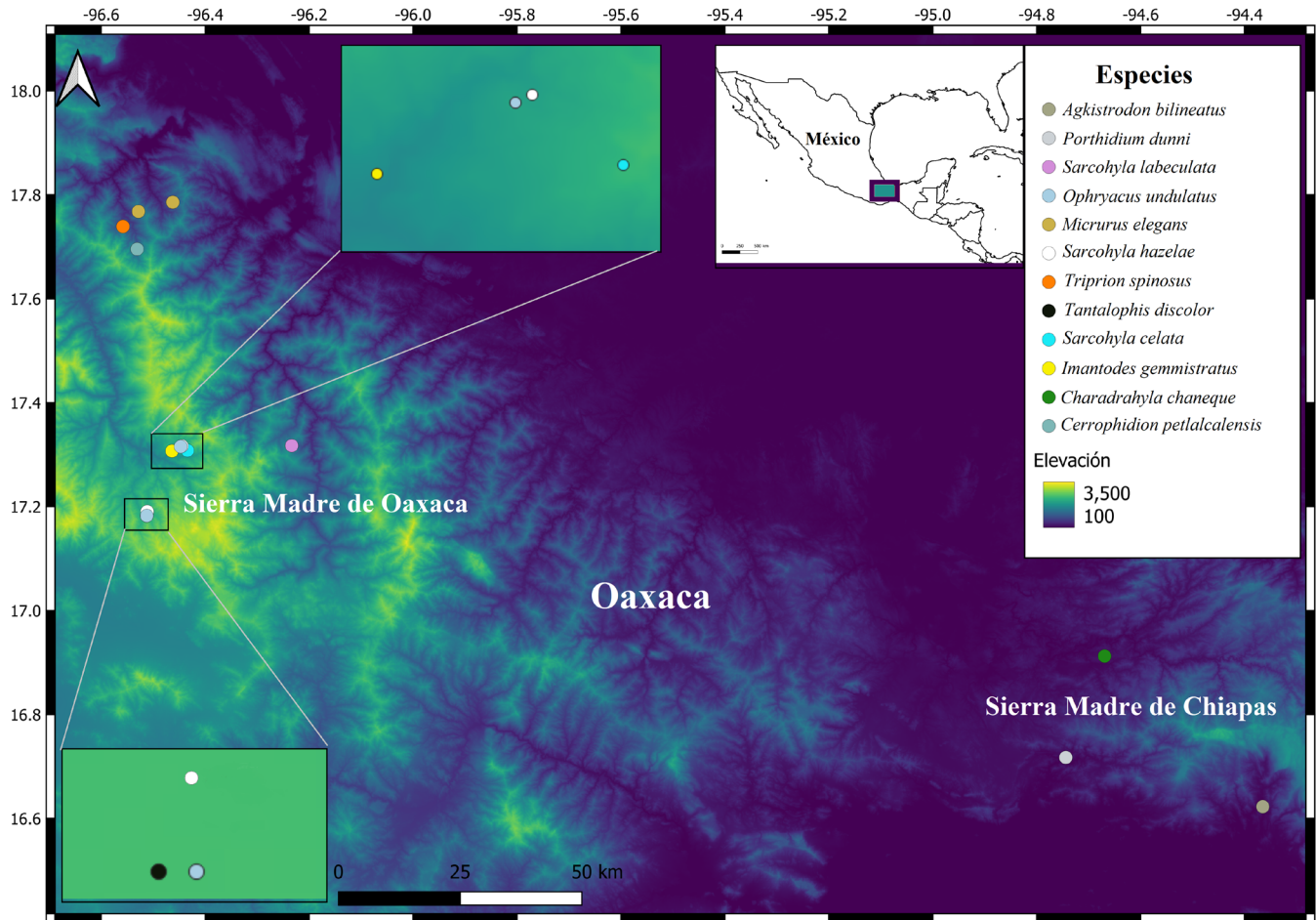


Figure 1. Map of the new records and expansion of the distribution of amphibians and reptiles in Oaxaca.

Figura 1. Mapa de los nuevos registros y expansión de la distribución de anfibios y reptiles en Oaxaca.

Sarcohyla laberculata (Hylidae)

México: Oaxaca: Municipio de San Juan Tabaá: San Juan Tabaá (17.317295° N, 96.233604° W; 1,700 m s.n.m.). 27 de septiembre de 2022. Leonel Bautista-Bautista, Cristian Tomás-López y Elí García-Padilla encontraron un individuo adulto de *S. laberculata* dentro de una bromelia tanque en el suelo en un relicto de bosque mesófilo de montaña. La fotografía del ejemplar CH-CIB 134 (Fig. 2B) representa una expansión en el rango de distribución de la especie aproximadamente 20 kilómetros en línea recta desde la localidad más cercana en Totontepec Villa de Morelos en la Sierra Mixe (Frost, 2023).

Sarcohyla celata (Hylidae)

México: Oaxaca: Municipio de Capulálpam de Méndez: El Embudo (17.3080167° N, 96.434172° W; 2,500 m s.n.m.). 3 de

agosto de 2022. Elí García-Padilla y Leonel Bautista-Bautista encontraron un individuo adulto de *S. celata* dentro de una mina abandonada durante una noche lluviosa. El tipo de vegetación adyacente es un ecotono de bosque de pino-encino y bosque mesófilo de montaña. La fotografía del ejemplar CH-CIB 135 (Fig. 2C) representa un nuevo registro municipal y expansión en el rango de distribución de 30 kilómetros en línea recta desde la localidad tipo en Cerro Pelón, Santiago Comaltepec (Toal & Mendelson, 1995).

Sarcohyla hazelae (Hylidae)

México: Oaxaca: Municipio de Capulálpam de Méndez: Leonel Bautista-Bautista y Elí García-Padilla encontraron varios individuos de *S. hazelae* activos vocalizando durante la noche en el margen de un arroyo cerca de una gruta el 16 de septiembre de 2022 (17.316539° N, 96.445161° W; 2,500 m s.n.m.). El tipo de vegetación es bosque mixto de pino-encino.



Figure 1. Fotografías de los nuevos registros de anfibios y reptiles para el estado de Oaxaca.
Figura 1. Photographs of the new records of amphibians and reptiles for the state of Oaxaca.

México: Oaxaca: Municipio de Santa Catarina Lachatao: Santa Martha Latuvi (17.190486 N, 96.511617 W; 2,400 m s.n.m.). 25 de agosto de 2023. Leonel Bautista-Bautista, Elí García-Padilla, Celestino Méndez, Alejandro González-Luna y Cristian Tomás-López encontraron 3 ejemplares individuales vocalizando cerca de un río, el tipo de vegetación es bosque mixto de pino-encino. Las fotografías de los ejemplares CH-CIB 136 (Fig. 2D) y CH-CIB 137 (Fig. 2E) representan los primeros registros para la especie a nivel municipal y una expansión en el rango de distribución de aproximadamente de 5 y 16 kilómetros respectivamente en línea recta al sur de la localidad más cercana conocida como “near Ixtlán de Juárez” (Heimes & Aguilar, 2011).

***Tripriion spinosus* (Hylidae)**

México: Oaxaca: Municipio de San Felipe Usila: Santa Cruz Tepetotutla (17.739072° N, 96.558364° W; 1,134 m s.n.m.) 29 de julio de 2023. Elí García-Padilla y Pedro Osorio-Hernández encontraron un individuo adulto de *Tripriion spinosus* en una pequeña cañada seca. El tipo de vegetación es bosque mesófilo de montaña. El ejemplar CH-CIB 138 (Fig. 2F) representa el primer registro a nivel municipal y un aumento en el rango de distribución de aproximadamente 30 kilómetros en línea recta desde la localidad conocida más cercana marcada como “8 kilómetros al Sur de San Mateo Yetla” (KUH 86903; <http://vertnet.org> consultado el 9 de septiembre de 2023).

***Tantalophis discolor* (Dipsadidae)**

México: Oaxaca: Municipio de Santa Catarina Lachatao: Santa Martha Latuvi (17.182481° N, 96.512622° W; 2,400 m s.n.m.) 25 de agosto de 2023. Elí García-Padilla, Leonel Bautista-Bautista y Alejandro González-Luna encontraron un individuo adulto de *T. discolor* bajo los escombros en un basurero local. El tipo de vegetación alrededor es bosque mixto de pino-encino. El ejemplar CH-CIB 139 (Fig. 2G) representa el primer registro a nivel municipal y un aumento en el rango de distribución aproximadamente de 50 kilómetros en línea recta al sureste de la localidad más cercana conocida como “Ladera montañosa de Monteflor del lado de San Juan Bautista Atlatlahuca” (EBUAP, 1853).

***Imantodes gemmistratus* (Dipsadidae)**

México: Oaxaca: Municipio de Capulalpam de Méndez: Paraje Agua Blanca (17.3070° N, 96.4640° W; 2,040 m s.n.m.) 15 de septiembre de 2022. Leonel Bautista-Bautista encontró un individuo de *I. gemmistratus* mientras se hacía limpieza de la maleza en un predio comunal. El tipo de vegetación es una

transición de bosque de pino-encino y selva baja caducifolia. El ejemplar CH-CIB 140 (Fig. 2H) representa el primer registro a nivel municipal y el primero dentro de la región fisiográfica conocida como Sierra Madre de Oaxaca (Mata-Silva et al., 2015 y 2021) y un aumento en el rango de distribución de aproximadamente 112 kilómetros en línea recta desde la localidad más cercana conocida como “5 millas al NW de Teotitlán del Camino” (UAZ 27030).

***Micrurus elegans* (Elapidae)**

México: Oaxaca: Municipio de San Felipe Usila: San Pedro Tlatepusco (17.78574° N, 96.46244° W; 1,208 m s.n.m.) 12 de noviembre de 2022. Leonel Bautista-Bautista y Carlos Augusto Torres-Barragán encontraron un individuo de *M. elegans*, el tipo de vegetación es transición entre selva mediana y bosque mesófilo de montaña.

México: Oaxaca: Municipio de San Felipe Usila: San Antonio del Barrio (17.76792° N, 96.52854° W; 1,241 m s.n.m.) 17 de diciembre de 2019. Carlos Augusto Torres-Barragán encontró un individuo adulto de *M. elegans*. El tipo de vegetación es transición entre selva mediana y bosque mesófilo de montaña. Las imágenes de los hallazgos CH-CIB 141 (Fig. 2I) y CH-CIB 142 (Fig. 2J) representan los primeros registros a nivel municipal y un aumento en el rango de distribución de aproximadamente 20 y 24 kilómetros respectivamente en línea recta desde la localidad conocida más cercana en “Vista Hermosa” (KU KUH 87475; <http://vertnet.org> consultado en septiembre 2023).

***Agkistrodon bilineatus* (Viperidae)**

México: Oaxaca: municipio de San Miguel Chimalapa: San Miguel Chimalapa (16.622568° N, 94.364987° W; 400 m s.n.m.). 20 de enero de 2020. José Manuel Martínez Cruz encontró un individuo adulto de *A. bilineatus*. El tipo de vegetación es selva alta perennifolia. La fotografía del individuo CH-CIB 143 (Fig. 2K) representa el primer registro a nivel municipal y un aumento en el rango de distribución de la especie de aproximadamente 34 kilómetros en línea recta desde la localidad más cercana en San Pedro Tapanatepec (MCZ- R-27812; <http://vertnet.org>, consultado junio 2023). García-Padilla et al. (2022) fallaron en incluir a esta especie como parte de la herpetofauna de la región de Los Chimalapas.

***Cerrophidion petlalcalensis* (Viperidae)**

México: Oaxaca: Municipio de San Felipe Usila: Santa Cruz Tepetotutla (17.69552° N, 96.53111° W, 1,317 m s.n.m.). 27 de

marzo de 2018. Carlos Augusto Torres-Barragán encontró dentro de un área destinada voluntariamente a la conservación y como parte del monitoreo comunitario de la biodiversidad, a un individuo adulto de *C. petlalcalensis*. El individuo se encontraba al pie de un árbol de liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*). El tipo de vegetación es bosque mesófilo de montaña. La fotografía CH-CIB 144 (Fig. 2L) del hallazgo de esta especie en la región de La Chinantla en la Sierra Madre de Oaxaca representa la tercera localidad conocida para el estado de Oaxaca y un aumento en la extensión de la distribución conocida de aproximadamente 40 kilómetros en línea recta desde la localidad marcada como “El Tocón, municipality of Chiquihuitlán de Juárez” (De La Torre-Loranca, et al., 2019).

***Ophryacus undulatus* (Viperidae)**

México: Oaxaca: Municipio de Capulálpam de Méndez: Capulalpam de Méndez (17.31555° N, 96.44722° W; 1,347 m s.n.m.), 09 de abril del 2011. Leonel Bautista-Bautista encontró a un individuo juvenil de *O. undulatus*. El tipo de vegetación es bosque mixto de pino-encino.

México: Oaxaca: Municipio de Santa Catarina Lachatao: Santa Martha Latuvi (17.18248° N, 96.51262° W; 2,200 msnm) 12 de septiembre de 2023. Celestino Méndez, Henry Contreras y Jonas Cruz encontraron un individuo adulto de *O. undulatus*. El tipo de vegetación es bosque mixto de pino-encino. La fotografía CH-CIB 145 (Fig. 2M) del individuo de Capulálpam representa el primer registro a nivel municipal y un aumento en el rango de distribución de 6 kms en línea recta desde la localidad conocida más cercana en “Santa Catarina Lachatao” (García-Padilla y Mata-Silva, 2014). La imagen CH-CIB 146 (Fig. 2N) de Latuvi es el segundo a nivel municipal y representa un pequeño aumento en el rango de distribución de aproximadamente 10 kilómetros en línea recta desde la localidad más cercana en “Santa Catarina Lachatao”.

***Porthidium dumni* (Viperidae)**

México: Oaxaca: Municipio de San Miguel Chimalapa: La Cristalina (16.7171694° N, 94.743988° W; 135 m s.n.m.). 20 de enero 2020. Martín Sosa-Reyes encontró un individuo adulto de *P. dumni*. El tipo de vegetación es selva baja caducifolia. La fotografía CH-CIB 147 (Fig. 2Ñ) del individuo representa el primero a nivel municipal y un aumento en el rango de distribución de aproximadamente 60 kilómetros en línea recta desde la localidad más cercana marcada como “17 kms al este de Zanatepec” (LACM-9515; <http://vertnet.org> consultado junio 2023). García-Padilla et al., (2022) fallaron en incluir a

esta especie como parte de la herpetofauna de la región de Los Chimalapas.

Agradecimientos.– El trabajo de campo se ha realizado con el permiso de las autoridades comunitarias de las varias comunidades involucradas y con la participación de brigadas comunitarias de monitoreo apoyadas por el programa de pago por servicios ambientales de la CONAFOR. Asimismo, con una extensión del permiso de colecta “Oficio #SPARN/DGVS/04611/23” -cuyo titular es el Dr. Aurelio Ramírez-Bautista- a nombre de Elí García-Padilla.

LITERATURA CITADA

- De La Torre-Loranca, M.A., C.I Grünwald, A.E. Valdenegro-Brito, R.I. Cervantes-Burgos & U.O. García-Vázquez. 2019. New distributional records for the rare Mexican pitviper *Cerrophidion petlalcalensis* (Squamata: Viperidae) from Veracruz and Oaxaca, México, with comments on the natural history. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 2:71-77
- Frost, D. R. 2023. Amphibian Species of the World. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/Amphibia/Anura/Hylidae/Hylinae/Sarcohyala/Sarcohyala-labeculata>. American Museum of Natural History, New York, USA. doi.org/10.5531/db.vz.0001 [Consultado en noviembre de 2023]
- García-Padilla, E. & V. Mata-Silva. 2014. Noteworthy distributional records for the herpetofauna of Oaxaca, México. *Herpetological Review* 45:468-469.
- García-Padilla E., V. Mata-Silva, I. Villalobos-Juárez, E.A. López-Esquivel, M. C. Lavariega, A. Rocha, D. De Santis, A.I. Melgar-Martínez, J.D. Johnson, L.A. Fucsko, D. Lazcano & L.D. Wilson. 2022. The amphibians and reptiles of the Los Chimalapas region, Isthmus of Tehuantepec, Oaxaca, Mexico: composition, distributional categorization, conservation status, and biodiversity significance. *Revista Biología y Sociedad* 5:37-76
- Heimes, P. & R. Aguilar. 2011. *Plectrohyla hazelae* (Taylor, 1940) not extinct. *Herpetological Review* 42:41-42.
- 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

Mata-Silva V., E. García-Padilla, A. Rocha, D.L. DeSantis, J.D. Johnson, A. Ramírez-Bautista & L.D. Wilson. 2021. A reexamination of the herpetofauna of Oaxaca, Mexico: composition update, physiographic distribution, and conservation commentary. Zootaxa 4996:201-252

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.X.J. 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.

Toal, K. R., III, & J. R. Mendelson, III. 1995. A new species of *Hyla* (Anura: Hylidae) from cloud forest in Oaxaca, Mexico, with comments on the status of the *Hyla bistincta* group. Occasional Papers of the Museum of Natural History, University of Kansas 174:1-20.



FIRST PREDATION RECORD ON A CAECILIAN, *CAECILIA SP.* (GYMNOPHIONA: CAECILIIDAE), BY THE POORLY KNOWN CAUCA CORALSNAKE, *MICRURUS MULTISCUTATUS* (SQUAMATA: ELAPIDAE)

PRIMER REGISTRO DE DEPREDACIÓN SOBRE UNA CECILIA, *CAECILIA SP.* (GYMNOPHIONA: CAECILIIDAE) POR LA POCO CONOCIDA CORAL CAUCANA, *MICRURUS MULTISCUTATUS* (SQUAMATA: ELAPIDAE)

Felipe Barrera-Ocampo¹ & Timothy R. Forrester²

¹Grupo Herpetológico de Antioquia (GHA), Instituto de Biología, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

²Montana Cooperative Wildlife Research Unit, University of Montana, Missoula, USA.

*Correspondence: felipe.barrerao@udea.edu.co

Received: 2023-09-04. Accepted: 2024-01-20. Published: 2024-03-14.

Editor: Teddy Angarita Sierra, Colombia.

Resumen.— Reportamos el primer registro de dieta para la Coral caucana, *Micrurus multiscutatus*, depredando una cecilia del género *Caecilia* en tierras bajas del pacífico de Colombia. Además, describimos la técnica empleada por la serpiente coral para someter a la cecilia.

Palabras clave.— Dieta, historia natural, presa, técnica de sometimiento.

Abstract.— We report the first record for the diet of the Cauca Coralsnake, *Micrurus multiscutatus*, preying on a caecilian species, *Caecilia sp.*, in the pacific lowlands of Colombia. In addition, we describe the subdue technique used by the coralsnake to subdue the caecilian.

Key words.— Diet, natural history, prey, subdue behavior.

The coralsnakes of the genus *Micrurus* prey on a variety of animals, ranging from smaller snakes (including cannibalism and rare predation on congeners), small lizards and amphisbaenians, to specialized feeding habits where particular species prey on caecilians, swamp eels and other fishes, onychophorans or other invertebrates (Roze, 1996; Campbell & Lamar, 2004). The Cauca coralsnake, *Micrurus multiscutatus*, belongs to the bicolored group (sensu Silva et al., 2016), which is composed of only five species: *M. camilae* Renjifo and Lundberg 2003, *M. mipartitus* (Duméril, Bibron & Duméril 1854), *M. multifasciatus* Jan 1858, *M. multiscutatus* Rendahl & Vestergren 1941, and *M. spurrelli* (Boulenger, 1914).

The Cauca coralsnake occurs on the Chocoan region in the western side of Cordillera Occidental of Colombia (departments of Chocó, Cauca, Nariño, Risaralda, and Valle del Cauca) and northwestern Ecuador at Esmeralda province (Yáñez-Muñoz & Altamirano, 2006; Pitalua-L et al., 2018; GBIF, 2023). This species

can be easily distinguished from its sympatric congeners by the bicolored pattern of 59-68 black body rings and 3-4 black rings on the tail, alternating with red/orange rings, and by the large red/orange or yellow head band covering the parietal scales, curved in their posterior edge ending in a V shape (Rendahl & Vestergren, 1941; Roze, 1996; Campbell & Lamar, 2004; Yáñez-Muñoz & Altamirano, 2006).

Micrurus multiscutatus is a terrestrial and semi-fossorial snake (Yáñez-Muñoz & Altamirano, 2006) that inhabits tropical lowland rain forest and lower montane wet forest, as well as in human modified environments such as pastures and crops (Roze, 1996; Campbell & Lamar, 2004; Vera-Pérez et al., 2018) from 50 to 1800 m asl (Vera-Pérez et al., 2018). This species is classified as Near Threatened (NT) on the IUCN Red List (Cisneros-Heredia et al., 2015), and its natural history remains unknown, reflected by the fact that there is no available literature on its diet and behavior.



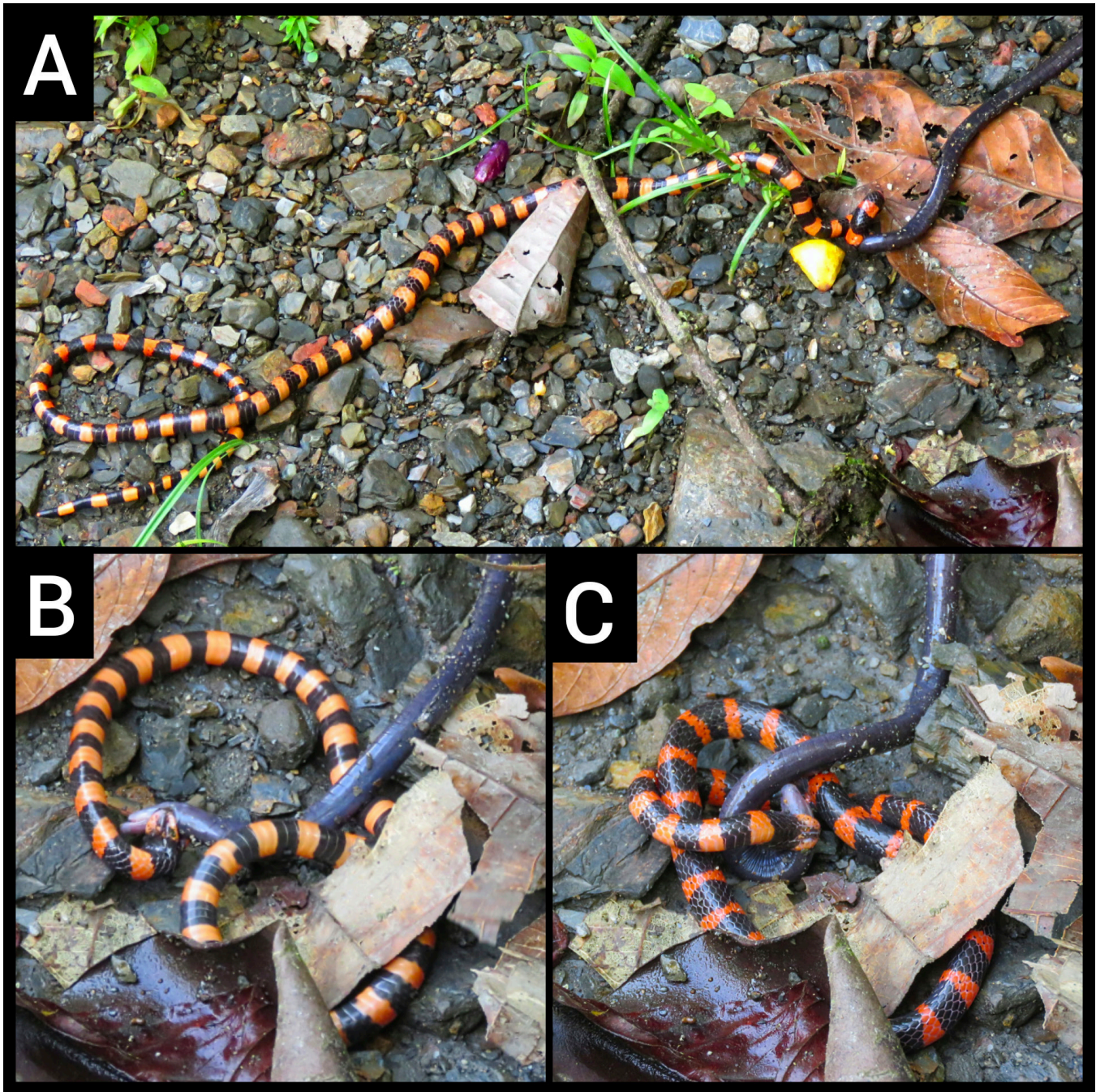


Figura 1. Coral Caucana (*Micrurus multiscutatus*) depredando una Cecilia (*Caecilia* sp.) en Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia. A-C: Diferentes vistas de la Coral Caucana asegurando la Cecilia de la cabeza mientras forcejeaban. Fotos: Timothy R. Forrester.

Figure 1. Cauca Coralsnake (*Micrurus multiscutatus*) preying on a Caecilian (*Caecilia* sp.) in Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia. A-C: Different views of the Cauca Coralsnake securing the caecilian's head while struggling with it. Photos: Timothy R. Forrester.

The natural history of the bicolored group species, including information about their feeding habits, is mostly unknown (Roze, 1996; Campbell & Lamar, 2004), with the exception

of *M. mipartitus*, whose prey items are well known in nature and captivity, with a wide diet composed by amphisbaenians, caecilians, small lizards, and snakes (Ayerbe et al., 1990; Bernal

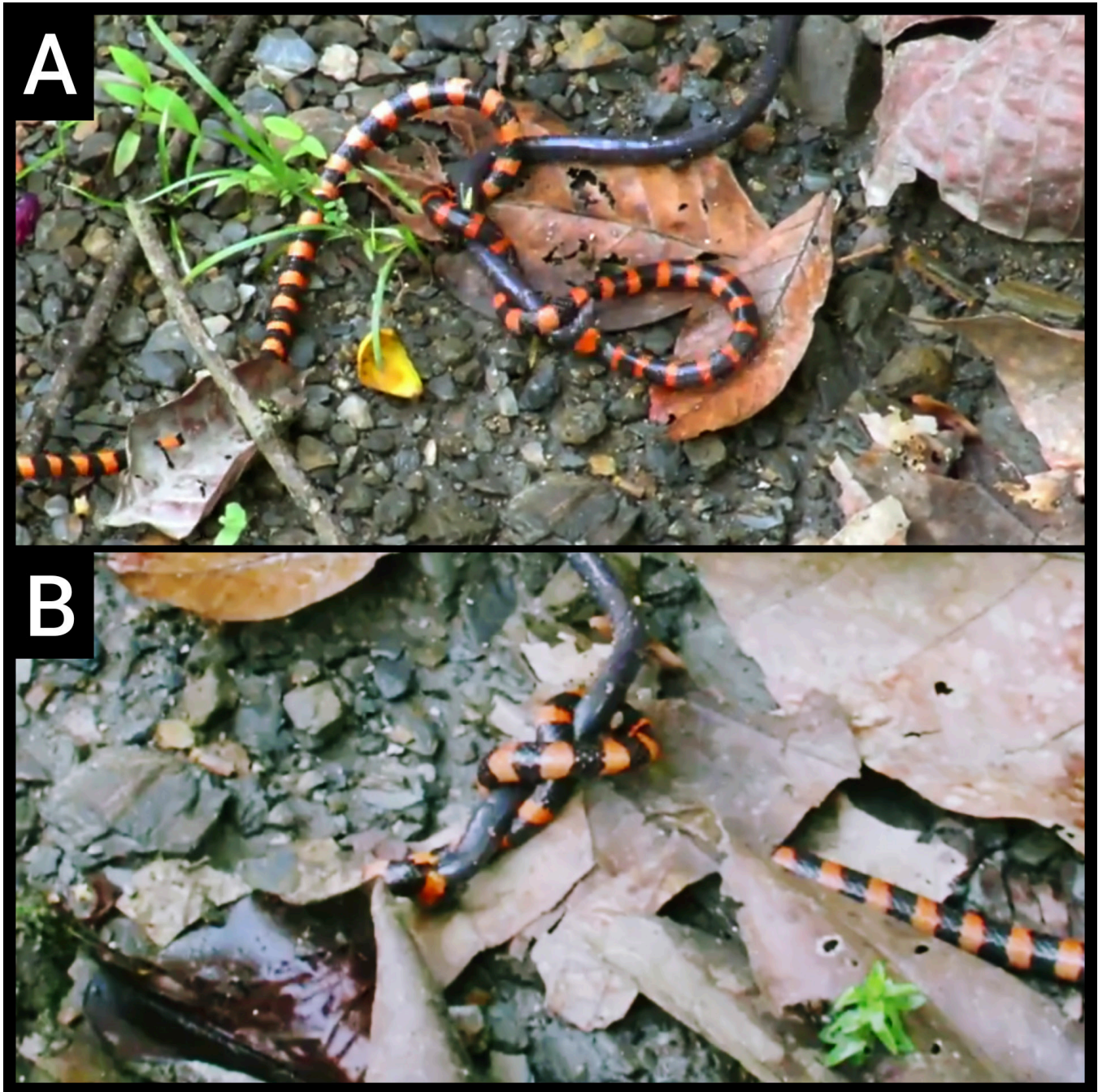


Figura 2. Técnica de sometimiento exhibida por la Coral Caucana (*Micrurus multiscutatus*) envolviendo el cuerpo de la cecilia. A-B: Lazos corporales hechos alrededor del cuerpo de la cecilia. Fotos: Timothy R. Forrester.

Figure 2. Subdue technique of the Cauca Coralsnake (*Micrurus multiscutatus*) wrapping around the body of the Caecilian. A-B: Body loops made around the caecilian's body. Photos: Timothy R. Forrester.

& Palma, 2011; Rodríguez-García & Díaz-Ayala., 2015; Ríos-Soto et al., 2018; Vera-Peréz et al., 2019; Fernández-Roldán et al., 2021). *Micrurus camilae* and *M. multifasciatus* are also known to

eat caecilians (Burger, 1997; Barrera-Ocampo & Bran-Castrillón, 2023), and the diet of *M. spurrelli* remains unknown (Roze, 1996). For this reason, to fill gaps in the trophic ecology of *Micrurus*

species, here we report the first dietary record for *M. multiscutatus* preying on a *Caecilia* sp. and describe the subdue technique used by the coralsnake.

The genus *Caecilia* is the only genus of caecilians known in the Chocóan lowlands of Colombia (Castro-Herrera & Vargas-Salinas, 2008, Acosta-Galvis, 2023) represented by five species: *C. guntheri*, *C. leucocephala*, *C. nigricans*, *C. perdita* and *C. wilkinsoni* (Fernández-Roldán & Lynch, 2023).

In the late morning (11:40 h) on 2 April 2017, in the municipality of Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia (3.61792° N, 76.91308° W, WGS 84; 393 m a.s.l.), in the lower portion of the Anchicayá Valley on a secondary road surrounded by humid tropical forest, we observed an adult male of *Micrurus multiscutatus* feeding on a caecilian of the genus *Caecilia*. We performed the taxonomic determination of the caecilian based on the following characters observed: body size moderately large, dorsal and ventral body surfaces uniformly dark grayish, inconspicuous grooves, and a head of a lighter color than the rest of the body. Besides, currently there are not known records of *Oscacaecilia* or *Microcaecilia* species in the in the Chocóan lowlands of Colombia (Acosta-Galvis, 2023; Frost, 2023); thus, the external characteristics observed aligns with the known morphology for the species of the genus *Caecilia*. However, due the cryptic morphology of caecilians, it is recommend to collect the caecilian specimens in order to provide a suitable taxonomic identification.

The snake was struggling with the caecilian keeping it secured from the head using the mouth and deliberately tried to wrap its body around the caecilian's body on multiple occasions without releasing the head of the *Caecilia* sp., even though it desperately tried to release itself by twisting movements (Figs. 1 and 2). We interpreted this as a subdue behavior. The event was observed for about two minutes, until the snake vanished onto the forest leaf litter, pulling the caecilian by the head with little resistance. Neither animal was collected, but the event was documented with videos and photographs (Appendix 1).

Although there are several published records of predation on caecilians by coralsnake in the Neotropics (Fernández-Roldán & Gómez Sánchez, 2021), very few present a detailed description of the behavior of the species involved. The known information about the behavior of coralsnakes to subdue caecilians in predation events consists primarily of biting the prey, sometimes more than once before securing the bite. They hold on to the body tightly while continuing to actively 'chew' the bitten place until the prey is paralyzed. Subsequently, the coralsnakes move their jaws to the head, sometimes without releasing the prey's

body, in order to start ingesting the caecilian (Roze, 1996; Bernal & Palma, 2011; Viana & Mello-Mendes, 2015; Fernández-Roldán & Gómez-Sánchez, 2021; Barrera-Ocampo & Bran-Castrillón, 2023). When the prey is a large snake, coralsnakes avoid bites by moving their bodies out of danger. Another strategy to avoid being bitten in a vulnerable body part is to curve their tail tip to make it look like their head. By moving it, they can distract prey such as snakes or lizards from biting vital parts of the coralsnakes' body (Roze, 1996). Even though coralsnake do not strangle their prey, sometimes body loops are made around the prey's body which helps them to press down and dominate their prey (Roze, 1996), but there are few records of this in literature.

In this case, the Cauca coralsnake had the caecilian's head secured (Fig. 1), and twisted its body abruptly while simultaneously attempting to wrap it around the caecilian's body several times (Fig. 2; Appendix 1). This may be a strategy to limit the prey mobility when they are relatively long with a slippery body since coralsnakes may ingest prey almost as long as themselves (Marqués & Sazima, 1997; Campbell & Lamar, 2004; Bello-Sánchez et al., 2021), as the case of the observed caecilian that was almost as long as the *M. multiscutatus* (Appendix 1). Coralsnakes use body loops to get a firmer hold on lizards and small snakes (Roze, 1996). Therefore, this type of behavior could facilitate the submission of large caecilians as well. It is necessary to describe the behaviors observed in events of this nature in order to expand knowledge about prey-predator interactions in the genus *Micrurus*. However, here we present *M. multiscutatus* using body loops to subdue a caecilian.

Acknowledgements. - We thank Andrés Camilo Montes-Correa for helpful comments on an earlier draft of this note, and Juan David Fernández-Roldán for confirming the identity of the caecilian. We also thank Gilberto Collazos Bolaños for guiding services and transportation in the Anchicayá Valley. Finally, we thank the editor Teddy Angarita Sierra and the anonymous reviewers of the journal for their comments and suggestions aimed at improving the manuscript.

CITED LITERATURE

- Acosta-Galvis, A.R. 2023. Lista de los Anfibios de Colombia, V.13. Batrachia, Villa de Leyva, Boyacá, Colombia. <http://www.batrachia.com> [Accessed on August 2023].
- Ayerbe, S., M.A. Tidwell & M. Tidwell. 1990. Observaciones sobre la biología y comportamiento de la serpiente coral "rabo de ají" (*Micrurus mipartitus*). Descripción de una subespecie



- nueva. Novedades Colombianas, Museo de Historia Natural, Universidad del Cauca, Popayán 2:30-4.
- Barrera-Ocampo, F. & C. Bran-Castrillón. 2023. First Dietary Record for Camila's Coralsnake, *Micrurus camilae* (Squamata: Elapidae), Predation on a Caecilian (Gymnophiona: Caeciliidae). *Reptiles & Amphibians* 30:e19495.
- Bello-Sánchez, E.A., C.A. Delfín-Alfonso, C. Pérez-Alvarado & F. Lara-Hernández. 2021. Noteworthy dietary records of the Variable Coral Snake *Micrurus diastema* (Serpentes: Elapidae) in America. *North-Western Journal of Zoology* 17: 100-105.
- Bernal, M.H. & G.M. Palma. 2011. *Micrurus mipartitus* (Redtail coralsnake). *Diet. Herpetological Review* 42:617.
- Boulenger, G.A. 1914. On a second collection of batrachians and reptiles made by Dr. H.G.F. Spurrell, F.Z.S., in the Chocó, Colombia. *Proceedings of the Zoological Society of London* 1914:813-817.
- Burger, R.M. 1997. Predation by two species of Coral Snakes in Limón Province, Costa Rica. *Bulletin of Chicago Herpetological Society* 32:145.
- Campbell, J.A. & W.W. Lamar. 2004. *The Venomous Reptiles of the Western Hemisphere*. Comstock Publishing, Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- Castro-Herrera, F. & F. Vargas-Salinas. 2008. Anfíbios y reptiles en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana* 9:251-277.
- Cisneros-Heredia, D.F., W. Bolívar, W. Lamar & J. Velasco. 2015. *Micrurus multiscutatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T174106A44947559. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T174106A44947559.en> [Accessed on August 2023].
- Duméril, A.M.C., G. Bibron & A.H.A. Duméril. 1854. *Erpétologie générale ou histoire naturelle complète des reptiles*. Volume 7, Librairie Encyclopédique de Roret, Paris, Francia.
- Fernández-Roldán, J.D., G.F. Medina-Rangel & Y.R. López-Perilla. 2021. First record of predation of *Micrurus mipartitus* (Serpentes: Elapidae) on *Osaecilia polyzona* (Gymnophiona: Caeciliidae) in Colombia. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 4:199-202.
- Fernández-Roldán, J.D. & D.A. Gómez-Sánchez. 2021. First record of a defensive behavior in *Microcaecilia nicefori* (Gymnophiona: Siphonopidae) provoked by the snakebite of *Micrurus dumerilii* (Serpentes: Elapidae). *Revista Latinoamericana de Herpetología* 4:144-149.
- Fernández-Roldán, J.D. & J.D. Lynch. 2023. A new species of *Caecilia* Linnaeus, 1758 (Amphibia: Gymnophiona: Caeciliidae) from the Pacific lowlands of Colombia, with comments on the status of *C. tenuissima* Taylor, 1973. *Zootaxa* 5270:194-206.
- Frost, D. R. 2023. *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 6.2. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php> [Accessed on November 2023].
- GBIF. Org. 2023. GBIF Occurrence Download: *Micrurus multiscutatus*. <https://doi.org/10.15468/dl.rq724d> [Accessed on August 2023].
- Jan, G. 1958. Plan d'une Iconographie descriptive des Ophidiens, et Description sommaire de nouvelles espèces de Serpents. *Revue et Magasin de Zoologie pure et Appliquée* 11:122-130.
- Marqués, O.A.V. & I. Sazima. 1997. Diet and feeding behavior of the coral snake, *Micrurus corallinus*, from the Atlantic forest of Brazil. *Herpetological Natural History* 5:88-93.
- Pitalua-L, Y., J.T. Rengifo-M & A.L. Rivas. 2018. Aportes a la distribución del género *Micrurus* (Serpentes: Elapidae) en el Departamento del Chocó, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA* 10:131-142.
- Rendahl, H. & G. Vestergren. 1941. Notes on Colombian snakes. *Arkiv für Zoologi* 33A [1940]:1-16.
- Renjifo, J.M. & M. Lundberg. 2003. Una especie nuevo de serpiente coral (Elapidae, *Micrurus*), de la región de Urrea, municipio de Tierra Alta, Córdoba, noroccidente de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana Ciencias Exactas Físicas y Naturales* 27:141-144.
- Ríos-Soto, J.A., J. Arango-Lozano & F.A. Rivera-Molina. 2018. *Micrurus mipartitus* (Duméril, Bibron & Duméril, 1854). *Catálogo de Anfíbios y reptiles de Colombia* 4:37-44.
- Rodríguez-García, C. & R.F. Díaz-Ayala. 2015. *Micrurus mipartitus* (Red-tailed Coral Snake, Coral Rabo de Ají). *Diet/Ophiophagy. Herpetological Review* 46:275.



- Roze, J.A. 1996. Coral Snakes of the Americas: Biology, Identification and Venoms. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, USA.
- Saporito, R.A. 2007. *Gymnopsis multiplicata* (Purple Caecilian). Predation. Herpetological Review 38:199.
- Silva, N.J. da, Jr., M.A. Buononato & D.T. Feitosa. 2016. As cobras-corais do Novo Mundo, pp. 41-69. In: N.J. da Silva (ed.), As Cobras-corais do Brasil. Biologia, Taxonomia, Venenos e Envenenamentos. Editora da PUC, Goiânia, Brasil.
- Vera-Pérez, L.E., J.A. Zúñiga-Baos & S. Ayerbe-González. 2018. Reptiles del Parque Nacional Natural Munchique, Colombia. Revista Novedades Colombianas 13:97-131.
- Vera-Pérez, L., J.A. Zúñiga-Baos & S. Ayerbe-González. 2019. Nuevos registros de longitud y dieta de *Micrurus mipartitus* (Duméril, Bibron y Duméril, 1854) (Serpentes: Elapidae). Novedades Colombianas 14:49-56.
- Viana, P.F. & D.M. Mello-Mendes. 2015. Feeding behavior and first record of *Rhinatrema bivittatum* (Guérin-Méneville, 1829) as part of the diet of the ribbon coral snake, *Micrurus lemniscatus* (Linnaeus, 1758) in the Central Amazon region (Serpentes: Elapidae). Herpetology Notes 8:445-447.
- Yáñez-Muñoz, M. H. & M.A. Altamirano. 2006. Primer registro de una coral de dos colores (Squamata-Ofidia: Elapidae), reportada para el Chocó ecuatoriano. Serie Zoológica 2:1-6.



APPENDIX 1

Appendix 1. Video of a Cauca Coralsnake (*Micrurus multiscutatus*) preying on a Caecilian (*Caecilia* sp.) in Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia. Observe how the Cauca Coralsnake attempted to wrap its body around the caecilian's body on multiple occasions without releasing the head of the caecilian. Video by Timothy R. Forrester (Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=5Kjacq6CQoU>).

APÉNDICE 1

Apéndice 1. Video de una Coral Caucana (*Micrurus multiscutatus*) depredando una Cecilia (*Caecilia* sp.) en Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia. Obsérvese como la Coral Caucana intenta envolverse alrededor del cuerpo de la cecilia en múltiples ocasiones sin liberar la cabeza de la cecilia. Video por Timothy R. Forrester (Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=5Kjacq6CQoU>).

EFECTO DE BORDE SOBRE ANUROS DEL BOSQUE SECO TROPICAL, POTREROS Y PLANTACIONES DE PALMA DEACEITE, Y SU RELACIÓN CON VARIABLES AMBIENTALES EN EL CARIBE COLOMBIANO

EDGE EFFECTS ON ANURAN DIVERSITY IN TROPICAL DRY FOREST, PASTURES, AND OIL PALM PLANTATIONS, AND THEIR RELATIONSHIP WITH ENVIRONMENTAL VARIABLES IN THE COLOMBIAN CARIBBEAN

Estefania Del Carmen Silvera Chimá^{1*}, Julio Cesar Acuña-Vargas² & Nicolas Urbina-Cardona³

¹Maestría en Conservación y Uso de Biodiversidad. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia

²Facultad de ciencias básicas, Universidad de La Guajira, Riohacha, Colombia. ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6379-7334>

³Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Departamento de Ecología y Territorio. Carrera 7 N 40-62, Bogotá, Colombia. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4174-8467>

*Correspondencia: es-silvera@javeriana.edu.co

Received: 2022-11-04. Accepted: 2024-01-02. Published: 2023-03-19.

Editor: Jenny Urbina, Colombia.

Abstract.— Changes in land use are the main cause of tropical dry forest (Bs-t) loss. After deforestation, the remaining patches of Bs-t experience environmental changes across a distance gradient from the adjacent anthropogenic matrix towards the interior of the forest. Anurans inhabiting the tropical dry forest (Bs-t) are primarily threatened by agricultural and forestry systems. This study analyzed the spatiotemporal variation in environmental variables (topographic, climatic, and vegetation structure) from the interior of Bs-t towards oil palm plantations (CPA) and pastures (P) in a location in the Colombian Caribbean, aiming to determine their influence on anuran assemblage structuring. During the early rainy season, temperature, distance to water bodies, percentage of leaf litter, understory density, canopy cover, precipitation during the sampling day, and relative humidity were the environmental variables generating the most differentiation between Bs-t with CPA and P. Conversely, during the dry season, the differentiation of P from CPA and Bs-t was due to changes in accumulated precipitation, altitude, canopy percentage, herbaceous cover percentage, bare soil percentage, understory density, and height above the ground. Although the interaction between land uses and climatic seasonality had no effects on assemblage structure (Bray Curtis) and species diversity (Hill numbers), differences were evident when considering the interaction with the edge distance factor. Changes in anuran diversity were explained by precipitation during the sampling day, accumulated precipitation, presence of temporary lentic water bodies, distance to water bodies, bare soil percentage, rock percentage, and fallen trunk percentage. The assemblage structure of anurans inhabiting the interior of Bs-t was affected at distances beyond 542 m from water bodies. Inside pastures, fallen trunk percentage, leaf litter percentage, and anuran individual height above the ground explained changes in anuran assemblage structure. This study demonstrates the importance of edge effects in understanding the consequences of deforestation on species assemblages and highlights the significance of pasture management (allowing leaf litter and trunk accumulation) and the maintenance of permanent water bodies to increase the dispersal of some anuran species in transformed tropical dry forest landscapes.

Keywords.— Amphibians, community ecology, environmental gradients, forestry plantations, production systems.



Resumen.- Los cambios en el uso del suelo son la principal causa de la pérdida de bosques secos tropicales (Bs-t). Luego de la deforestación, los parches remanentes de Bs-t experimentan cambios ambientales a través de un gradiente de distancia que va desde la matriz antropogénica adyacente hacia el interior del bosque. Los anuros que habitan el bosque seco tropical (Bs-t) se encuentran principalmente amenazados por los sistemas agrícolas y forestales. En el presente estudio se analizó la variación espacio-temporal en las variables ambientales (topográficas, climáticas y de estructura de la vegetación) desde el interior del Bs-t hacia el interior de la plantación de palma de aceite (CPA) y potreros (P) en una localidad del Caribe colombiano, con el fin de determinar su influencia en la estructuración de los ensamblajes de anuros. Durante el inicio de la temporada de lluvias, la temperatura, distancia a cuerpos de agua, porcentaje de hojarasca, densidad de sotobosque, porcentaje de dosel, precipitación durante el día del muestreo y la humedad relativa fueron las variables ambientales que generaron mayor diferenciación entre el Bs-t con CPA y P. Por el contrario, en época de sequía la diferenciación de P con CPA y Bs-t se debió a cambios en la precipitación acumulada, la altitud, porcentaje del dosel, porcentaje de cobertura herbácea, porcentaje de suelo desnudo, densidad de sotobosque y altura sobre el suelo. Si bien la interacción entre los usos del suelo y la temporada climática no tuvieron efectos sobre la estructura del ensamblaje (Bray Curtis) y la diversidad de especies (números de Hill), las diferencias se evidenciaron al considerar la interacción con el factor de distancia al borde. Los cambios en la diversidad de anuros fueron explicados por la precipitación durante el día de muestreo, precipitación acumulada, presencia de cuerpos de agua lóxico temporal, distancia a cuerpos de agua, porcentaje de suelo desnudo, porcentaje de roca y de troncos caídos. La estructura del ensamblaje de anuros que habitan el interior del Bs-t se vio afectada a distancias superiores a 542 m de los cuerpos de agua. En el interior de potreros el porcentaje de troncos caídos, el porcentaje de hojarasca y la altura del individuo sobre el suelo explicaron cambios en la estructura del ensamblaje de anuros. El presente estudio demuestra la relevancia de los efectos de borde para comprender las consecuencias de la deforestación sobre los ensamblajes de especies y resalta la importancia del manejo de potreros (permitiendo la acumulación de hojarasca y troncos en el suelo) y el mantenimiento de cuerpos de agua permanentes para incrementar la dispersión de algunos anuros en paisajes transformados de bosque seco tropical.

Palabras clave.- Anfibios, ecología de comunidades, gradientes ambientales, plantaciones forestales, sistemas productivos.

INTRODUCCIÓN

Los cambios en el uso del suelo han contribuido a la crisis mundial de biodiversidad debido a la pérdida y degradación del paisaje, generando el declive poblacional de muchas especies especialistas de bosques nativos (Pfeifer et al., 2017). Estas transformaciones en el paisaje son causadas principalmente por la expansión de actividades agropecuarias, que conforman una matriz en donde quedan inmersos los fragmentos de bosque nativo (Tschardt et al., 2012). Como consecuencia, las especies que sobreviven en los parches de bosque remanente se ven expuestas a nuevas condiciones ambientales, experimentando lo que Murcia (1995) definió como efecto de borde antropogénico. En los bordes creados por actividades humanas, la influencia del efecto de borde afecta la calidad de hábitat en los fragmentos de bosque nativos, reduciendo la cantidad de hábitat disponible para las especies nativas en paisajes transformados (Laurance et al., 2002; Fahrig, 2017). Es por ello que a nivel global el 85% de las especies de animales vertebrados que habitan bosques se ven afectadas por el efecto de borde (Pfeifer et al., 2017). En el caso de los anfibios neotropicales, la respuesta que tengan las especies ante los bordes entre el bosque y zonas de cultivo determina el uso de las matrices antropogénicas (Schneider-Maunoury et al., 2016).

En los anfibios se ha demostrado que el efecto de borde tiene un impacto directo sobre la riqueza y estructura de los ensamblajes, debido a cambios en las variables ambientales de su hábitat (Cortés-Gómez et al., 2013; Urbina-Cardona et al., 2006). Se considera el concepto de ensamblaje como el conjunto de especies cercanamente emparentadas, y que se presentan en un tiempo y espacio determinado (assemblage por su nombre en inglés; Stroud et al., 2015). Dependiendo de la capacidad de los anfibios para hacer uso de los recursos que provee la matriz, los bordes de bosque actúan como barreras o filtros selectivos para la dispersión de las especies (Gascon et al., 1999; Zabala-Forero & Urbina-Cardona, 2021).

Los efectos de borde también son moldeados por los usos del suelo, debido a la influencia que éstos pueden ejercer sobre variables ambientales del hábitat, afectando la dinámica espacio-temporal en el movimiento, dispersión y disponibilidad de recursos para las especies (Ries et al., 2004; Driscoll et al., 2013). En ese sentido, los potreros o cultivos de maíz pueden ser una barrera para la mayoría de los anfibios mientras que cafetales con sombrío/sombra o plantaciones forestales mixtas pueden ser una oportunidad para amortiguar efectos de borde

e incrementar la dispersión de algunas especies en paisajes transformados (Santos-Barrera & Urbina-Cardona, 2011; López-Bedoya et al., 2022).

Los anfibios son uno de los grupos más afectados por la pérdida y degradación de hábitat (Nori et al., 2015) debido a la alta sensibilidad que presentan a cambios en variables ambientales (climáticas, topográficas y de estructura de la vegetación) de sus hábitats, explicado por sus características fisiológicas y biológicas (Watling & Braga, 2015). Características como la permeabilidad de su piel, su baja capacidad de dispersión y la dependencia de microhábitat húmedos o cuerpos de agua para procesos de reproducción, hacen sensibles a estos organismos ante cambios en la temperatura, humedad relativa y cobertura del dosel sobre su microhábitat (Dodds, 2010). La respuesta diferencial de los anuros a gradientes de temperatura, humedad y estructura vegetal, influyen a su vez en la abundancia y distribución de las especies entre la matriz antropogénica, los bordes y el interior de los bosques nativos (Urbina-Cardona et al., 2006). La influencia del borde sobre la distribución de la herpetofauna está dada por las tolerancias térmicas de cada especie (Lehtinen et al., 2003); en el caso de los anfibios especialistas de interior de bosque, tienden a ser más vulnerables y propensos a la muerte por desecación debido a su reducido tamaño corporal (Pfeifer et al., 2017).

El ecosistema de bosque seco tropical (Bs-t), presenta altos niveles de transformación histórica hacia usos del suelo antropogénicos a lo largo de toda su distribución a nivel mundial (Murphy & Lugo, 1986; Sánchez-Azofeifa et al., 2005; Etter et al., 2008) por lo que es un escenario ideal para estudiar los efectos de borde sobre los ensamblajes de especies. Los anfibios del Bs-t presentan algunas estrategias comportamentales y ecofisiológicas que les permiten sobrevivir en ambientes altamente deshidratantes (Urbina-Cardona et al., 2014); sin embargo, algunas especies pueden responder negativamente ante la perturbación antropogénica en sus hábitats (Suazo-Ortuño et al., 2008). Hasta el momento ningún estudio ha evaluado el efecto de borde sobre los anfibios que habitan el ecosistema de Bs-t en Colombia, por lo que aún no se conoce la manera cómo las especies se distribuyen a lo largo de los gradientes de distancia entre usos del suelo naturales y antropogénicos.

La presente investigación buscó determinar el efecto de borde que se genera en ecotonos entre un Bs-t que limita con una plantación de palma de aceite (CPA) y potreros (P) sobre la anurofauna de una localidad de Bs-t en el Caribe colombiano. Las preguntas específicas son: 1) ¿Cómo varía temporalmente

el gradiente en las variables ambientales desde el interior del Bs-t hacia el interior de CPA y P?; 2) ¿Cómo influye el efecto de borde sobre la diversidad de anuros entre el Bs-t que limita con CPA o P y la temporada climática?; 3) ¿Cuál es la relación entre los ensamblajes de anuros y las variables ambientales en los ecotonos entre el Bs-t que limita con CPA o P? y 4) ¿Cuál es el rango de valores de las variables ambientales que explican cambios en la estructura del ensamblaje de anuros?. Esperamos encontrar un cambio gradual en las variables ambientales en donde el interior del Bs-t tendrá temperaturas más bajas y mayor humedad relativa, los bordes del Bs-t tendrán mayor densidad de sotobosque y cobertura de hojarasca, los CPA tendrán mayor cobertura de residuos de palma en el suelo y presencia permanente de cuerpos de agua antropogénicos y los P tendrán mayor cobertura herbácea. En respuesta a estos gradientes en las variables ambientales se espera un mayor recambio en la estructura del ensamblaje entre el interior del Bs-t y el P pero alta similitud entre el borde de Bs-t y los CPA. Así mismo, se espera mayor riqueza y equidad en los bordes de Bs-t y mayor dominancia en CPA y P; se espera que estas diferencias sean más evidentes durante la temporada de sequía, cuando el Bs-t cambia su estructura vegetal. Bajo esta perspectiva se espera que las variables ambientales más influyentes sobre la diversidad de los anuros sean aquellas que proveen refugio y protección (porcentaje en cobertura del dosel, cobertura de hojarasca, troncos caídos y residuos de palma), y disponibilidad de agua (humedad relativa ambiente y presencia de cuerpos de agua).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en el Departamento de La Guajira, Colombia en el kilómetro tres de la vereda Casa de Aluminio vía al municipio de Dibulla (11° 14' 16" y 11° 13' 27" N; 73° 18' 49" y 73° 18' 25" O). Presenta una altitud entre los 3 y 17 m.s.n.m., una temperatura promedio anual de 30° C y una precipitación anual del 1,437 mm. Presenta un régimen de precipitación bimodal, con periodos máximos de sequía entre enero y abril, y periodos de lluvias entre mayo – junio y entre septiembre – noviembre (<https://es.weatherspark.com>).

El área de estudio comprende un mosaico de usos del suelo dentro de los cuales se seleccionaron un fragmento de Bs-t que limitaba con un CPA (*Elaeis guineensis*) y un P (Fig. 1). Durante la temporada de muestreo (abril a junio del 2021) se introdujeron en el área de estudio cincuenta cabezas de ganado en los potreros, así como algunos caballos y burros.



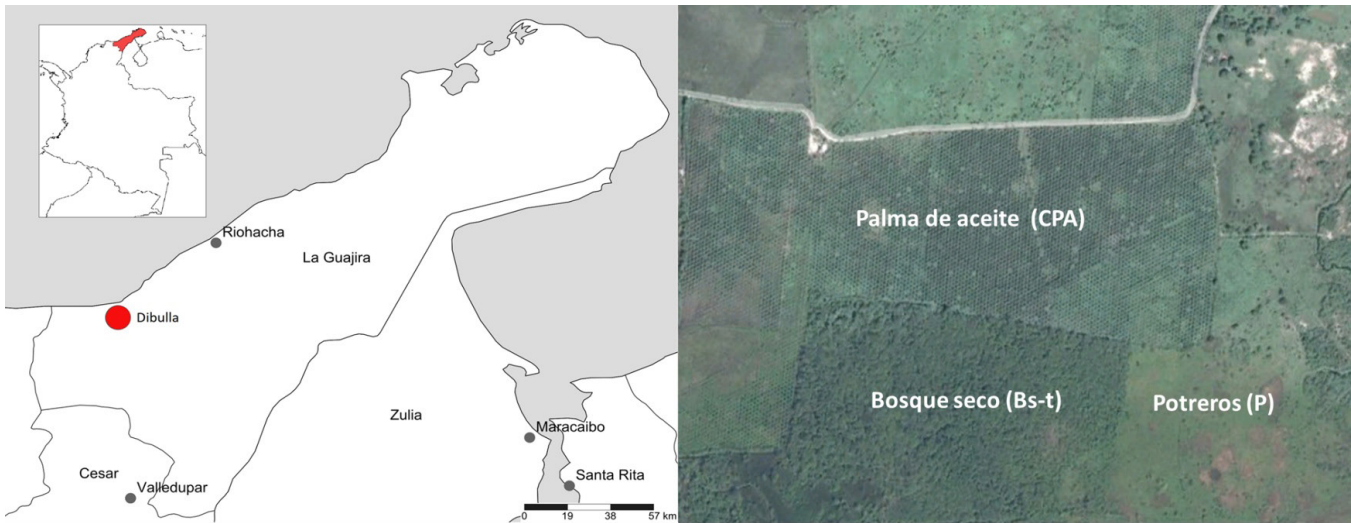


Figure 1. Study area located in the municipality of Dibulla, La Guajira (Colombia).
Figura 1. Área de estudio ubicada en el municipio de Dibulla, La Guajira (Colombia).

El fragmento de Bs-t presenta una extensión de 49.4 ha y se caracteriza por presentar vegetación secundaria de familias Apocynaceae, Bignoniaceae, Cordiaceae, Sapindaceae, Malvaceae. El CPA presenta una extensión de 82.9 ha tiene once años de antigüedad desde su siembra y limita con el fragmento de Bs-t y un potrero enmalezado, posee canales artificiales de agua permanentes en sus bordes, algunos de los cuales lo atraviesan hasta el interior. El P presenta un área aproximada de 25 ha y se caracteriza por ser un potrero enmalezado dominado por la especie invasora *Urochloa decumbens* sumando a la presencia de plantas herbáceas como *Bellis perennis* y *Leucanthemum vulgare*, *Heliotropium indicum*, *Calotropis gigantea* y *Bactris guineensis*.

Muestreo de anuros

Se instalaron 25 transectos permanentes de 100 x 4 m de ancho (con una distancia entre éstos de 100 m) para el muestreo de la anurofauna y las variables ambientales del área de estudio. Los transectos fueron muestreados durante una hora cubriendo los horarios de mayor actividad de los anuros (18 – 24 h). El inicio de la hora del muestreo de cada transecto se realizó de manera aleatoria para evitar el posible sesgo sobre algún uso del suelo o distancia al borde.

Los transectos estuvieron distribuidos así: 1) cinco transectos en el interior de cada uso del suelo (n = 15 entre 115 y 295 m de distancia desde el borde con otros usos del suelo); y 2) cinco transectos paralelos al borde de cada uso del suelo (n = 10 transectos) y ubicados a distancias fijas (0 m, 50 m, 100 m). Cada conjunto de transectos constituye un bloque que va desde

295 m al interior del Bs-t y hasta 295 m al interior del P o CPA, y cada bloque estuvo separado por una distancia mínima de 200 m. El muestreo se realizó con la técnica de relevamiento por encuentros visuales (Crump & Scott, 1994), registrando las especies presentes hasta 2 m de altura y 2 m a cada lado del transecto. Para la identificación de las especies en campo se utilizó la guía de campo para los anuros de los alrededores del complejo cenagoso de Zapatos, Departamento del Cesar (Medina Rangel et al., 2011). Los muestreos se realizaron entre cuatro personas durante cuatro salidas al campo, cada una de seis días de intensidad, abril y junio del 2021 con un esfuerzo total de muestreo de 400 horas/persona.

Caracterización del hábitat a partir de variables ambientales

Siguiendo el protocolo propuesto por Urbina-Cardona et al. (2006, 2015), se midieron 18 variables ambientales de las cuales dos se tomaron diariamente (precipitación durante el día del muestreo y acumulada durante los 15 días previos al muestreo), cinco se midieron por transecto (cobertura del dosel, pendiente topográfica, distancia a los cuerpos de agua, altitud y densidad de sotobosque) y once se midieron en los puntos de encuentro de los anuros (altura sobre el suelo, temperatura del sustrato, humedad relativa, porcentaje de cobertura herbácea, cobertura de hojarasca, cobertura de roca, cobertura de troncos caídos, cobertura de residuos de palma, cobertura de suelo desnudo y presencia de cuerpos de agua lóticos y lénticos).

Con este fin, se midió la precipitación ubicando tres pluviómetros en cada cobertura vegetal a una altura de 1.50 m

del suelo. Para cada uno de los 25 transectos se midieron, 10 veces en puntos aleatorios, las siguientes variables ambientales y se promediaron: la cobertura del dosel por medio de una fotografía tomada con un teléfono utilizando la aplicación HabitApp (Version:1.1; Bianchi et al., 2017); la pendiente con la aplicación Clinometer (Versión 4.4; Peter Breitling, Apple, Inc.); la distancia (m) a los cuerpos de agua (calculándola con un GPS (Garmin eTrex® 22x), georreferenciando los transectos y utilizando la función "Ir a" desde el punto de cuerpo de agua más cercano al centro de cada transecto); la altitud (metros sobre el nivel del mar) con un GPS (Garmin eTrex® 22x); y la densidad relativa del sotobosque (el número de contactos de vegetación con una vara de 3.5 cm de diámetro y 2 m de altura (Urbina-Cardona et al., 2006, 2015).

Para describir los hábitats donde se registró por primera vez cada uno de los individuos se midieron las siguientes variables: altura (m) sobre el suelo (medida con regla graduada); temperatura (°C) y humedad relativa (%) (con un termohigrómetro, ubicando una sonda durante 10 segundos en el sitio donde se encontró cada individuo); y la cobertura de la vegetación (porcentaje de cobertura herbácea, hojarasca, roca, troncos caídos, residuos de palma, suelo desnudo; presencia de cuerpos de agua lóticos y lenticos) se midió ubicando un cuadrante de madera de 1 x 1 m (dividido con una cuerda en cuatro cuadrantes de 0.5 x 0.5 m) sobre el microhábitat de cada individuo registrado.

Análisis de datos

El efecto del tipo de uso del suelo, el rango de distancia al borde y la temporada climática, sobre el gradiente ambiental (caracterizado por el conjunto de variables ambientales) se evaluó mediante modelos mixtos con un análisis de varianza multivariado permutacional basado en distancias (PERMANOVA; Anderson, 2001). Se estandarizó la matriz de variables ambientales (proceso en el cual para cada variable se resta la media y se divide por la desviación estándar) con el fin de generar escalas de medición comparables, y se construyó una matriz de distancias Euclidianas.

El diseño experimental constó de tres factores: usos del suelo (factor fijo con tres niveles: Bs-t, CPA y P); distancia al borde (factor aleatorio con cuatro niveles: 0 m, 50 a 100 m, 115 a 173 m, 235 a 295 m; anidado en el uso del suelo); y temporada climática (factor fijo con dos niveles: época de sequía y primeras lluvias). El análisis se realizó bajo una suma secuencial de cuadrados tipo I y 9999 permutaciones de residuales bajo un modelo reducido (Anderson et al., 2008). Una vez identificados los factores que presentaron efectos significativos sobre el gradiente ambiental,

se realizó una ordenación multivariada de las unidades de muestreo a partir de un análisis de coordenadas principales.

La representatividad del muestreo, desde la riqueza de especies, se determinó calculando cuatro estimadores (Bootstrap, Chao1, Jackknife 1 y Jackknife 2) (Magurran & McGill, 2010). La diversidad alfa, se midió empleando la serie de números Hill, o números efectivos de especies, los cuales son índices de diversidad que incorporan tanto la riqueza como las abundancias relativas de las especies. Estos números difieren entre sí en función del parámetro $D\alpha$, donde a medida que aumenta su valor, el índice se vuelve más sensible a las especies comunes o dominantes en el ensamblaje. Así, en el número de Hill de orden cero ($0D\alpha$), se ignora la abundancia de las especies por lo cual es equivalente a la riqueza de especies; en $1D\alpha$, todas las especies se ponderan de manera equitativa según su abundancia, lo que lo convierte en un índice de equidad, que puede ser interpretado como el número de especies típicas en un ensamblaje por lo cual es equivalente la entropía exponencial de Shannon; y en $2D\alpha$ las especies comunes tienen más peso que las especies raras, por lo que se considera un índice de dominancia (concentración inversa de Simpson), que puede ser interpretado como el número de especies muy abundantes en un ensamblaje (Chao et al., 2014). La estructura del ensamblaje de anuros se caracterizó después, transformando a raíz cuadrada la matriz de abundancias de las especies a partir de la cual se calculó una matriz de similitud de Bray-Curtis.

El efecto de borde en diferentes usos del suelo sobre la diversidad de anuros se evaluó mediante análisis de PERMANOVA bajo la misma configuración y diseño que para el gradiente ambiental. Las variables de respuesta fueron la estructura del ensamblaje (la matriz de similitud de Bray-Curtis) y las matrices de distancias Euclidianas de cada uno de los números de Hill del orden $0D\alpha$, $1D\alpha$ y $2D\alpha$.

Los efectos detectados a partir del PERMANOVA, sobre la estructura del ensamblaje de anuros se evidenciaron mediante un análisis de coordenadas principales y se crearon diagramas de cajas y bigotes (box plot) para los tres órdenes de los números de Hill ($0D\alpha$, $1D\alpha$ y $2D\alpha$).

La relación entre las variables ambientales predictoras con los ensamblajes de anuros se determinó mediante modelos lineales basados en distancia (subrutina DistLM; Legendre & Anderson, 1999). Previamente se evidenció la correlación lineal de Spearman entre las variables ambientales predictoras, y se seleccionaron aquellas no colineales (valores de correlación menores a 0.7). Las variables de respuesta para cada uno de los

DistLM fueron la estructura del ensamblaje (similitud de Bray Curtis) y los tres órdenes de los números de Hill ($0D\alpha$, $1D\alpha$ y $2D\alpha$). En el DistLM, el procedimiento BEST permitió generar los modelos con todas las posibles combinaciones de las variables predictoras, los cuales fueron clasificados a partir del criterio de información de Akaike para muestras pequeñas AICc (Clarke & Gorley, 2015).

Una vez identificado el mejor modelo ajustado que explicó cambios en la estructura del ensamblaje, se realizó una prueba de redundancias basadas en distancias (subrutina dbrDA Legendre & Anderson, 1999) para visualizar los patrones de ordenación en la matriz de similitud de Bray-Curtis de los ensamblajes de anuros y las variables ambientales predictoras responsables de

estos patrones. Adicionalmente, se creó un árbol de regresión y clasificación (LINKTREE) para determinar los valores umbrales en las variables ambientales predictoras que explican cambios en la estructura del ensamblaje de anuros (Clarke et al., 2008). Todos los análisis fueron realizados en el programa PRIMER 7.0.13 & PERMANOVA add on v1.0.4 (Clarke & Gorley, 2015).

RESULTADOS

Caracterización de los gradientes

El gradiente ambiental varió en función de la la temporada climática, las distancias al borde anidadas en usos del suelo y las distancias al borde anidadas en usos del suelo por temporada

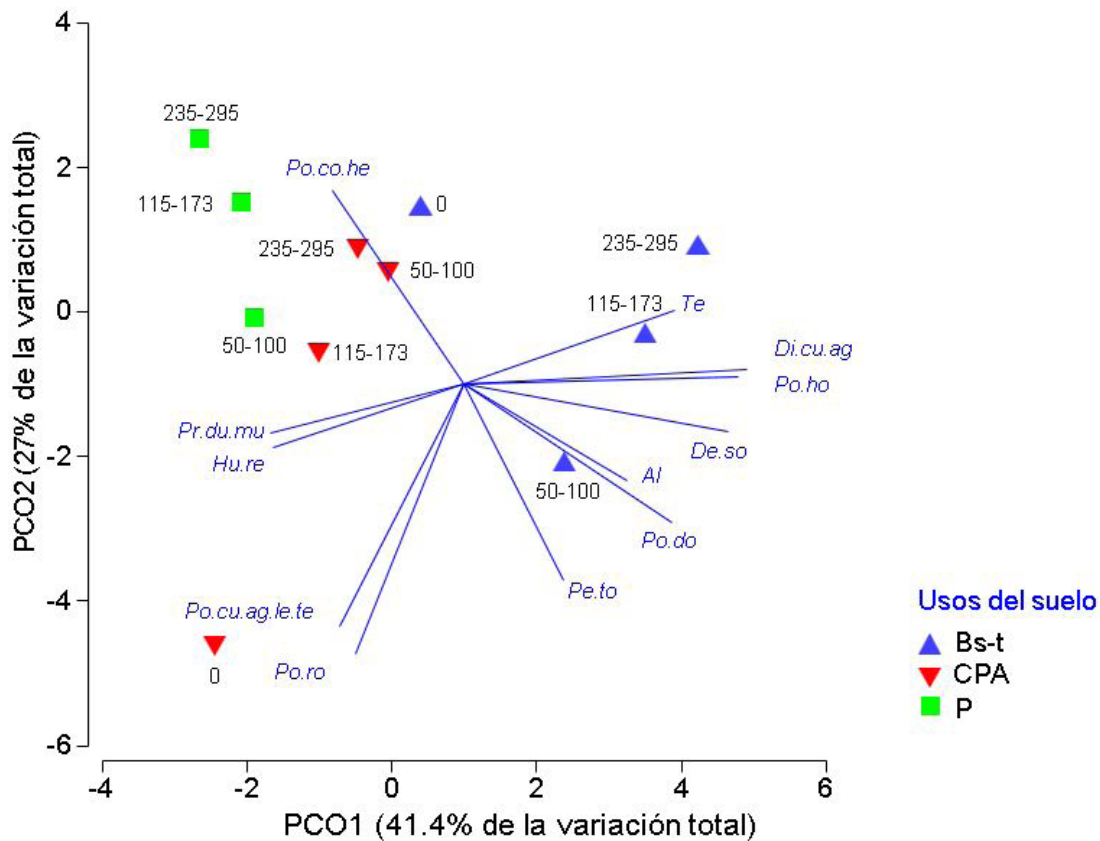


Figure 2. Principal Coordinates Analysis of the gradient in environmental variables during the initial rainfall within a range of distances to the edge in three land-use types: Bs-t, CPA, and P. Variables: Te = Temperature, Di.cu.ag = Distance to water bodies, Po.ho = Percentage of litter, De.so = Understory density, Po.do = Canopy percentage, Pe.to = Topographic slope, Po.co.he = Herbaceous cover percentage, Pr.du.mu = Precipitation during sampling, Hu.re = Relative humidity, Pr.cu.ag.le.te = Presence of temporary lentic water bodies, Po.co = Percentage of rock.

Figura 2. Análisis de coordenadas principales del gradiente en las variables ambientales, durante las primeras lluvias, en un rango de distancias al borde en tres tipos de usos del suelo. Bs-t, CPA, y P. Variables: Te= Temperatura, Di.cu.ag = Distancia a cuerpos de agua, Po.ho = Porcentaje de hojarasca, De.so = Densidad de sotobosque, Po.do = Porcentaje del dosel, Pe.to = Pendiente topográfica, Po.co.he = Porcentaje de cobertura herbácea, Pr.du.mu = Precipitación durante el muestreo, Hu.re = Humedad relativa, Pr.cu.ag.le.te = presencia de cuerpo de agua lentic temporal, Po.ro = porcentaje de roca.



Table 1. PERMANOVA results assessing significant differences in the environmental gradient and diversity of the anuran assemblage associated with the municipality of Dibulla (Guajira department Colombia). Us = Land Use, Te = Climate Season, Di(Us) = Distance to forest edge by land use, UsxTe = Land use per season, Di(Us)xTe = Distance to forest edge per land use per climate season. Source = Source of variation, df = degrees of freedom, SS = Sum of squares, MS = Mean squares, Pseudo-F = Fisher's F test based on permutations, P(perm) = p-value based on permutations.

Tabla 1. Resultados del PERMANOVA para evaluar diferencias significativas en el gradiente ambiental y la diversidad del ensamblaje en anuros asociados al municipio de Dibulla (Departamento de La Guajira, Colombia). Us = Uso del suelo, Te = Temporada climática, Di(Us) = Distancia por uso del suelo, UsxTe = Uso del suelo por temporada, Di(Us)xTe = Distancia por uso del suelo por temporada climática. Source = Fuente de variación df = grados de libertad, SS = Suma de cuadrados, MS = Cuadrados medios, Pseudo-F = Prueba de F de Fisher basada en permutaciones, P(perm) = Valor de p basado en permutaciones.

	Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P (perm)
Gradiente ambiental (Dist. Euclidianas)	Us	2	458.9	229.47	8.474	0.0001
	Te	1	278.1	278.1	11.723	0.0002
	Di(Us)	8	153.5	19.193	2.113	0.0007
	Us xTe	2	63.33	31.668	1.482	0.212
	Di(Us)xTe	8	133.9	16.737	1.843	0.006
Estructura del ensamblaje (Bray Curtis)	Us	2	1677	8386.9	3.313	0.005
	Te	1	6286.5	6286.5	3.120	0.056
	Di(Us)	8	14819	1852.4	1.906	0.004
	Us xTe	2	2788.8	1394.4	0.846	0.565
	Di(Us)xTe	8	11969	1496.2	1.539	0.043
Riqueza ODα	Us	2	69.994	34.997	4.277	0.019
	Te	1	27.462	27.462	7.481	0.021
	Di(Us)	8	76.863	9.607	7.815	0.0003
	Us xTe	2	6.6077	3.303	0.897	0.492
	Di(Us)xTe	8	33.474	4.184	3.403	0.003
Exp Shannon 1Dα	Us	2	33.651	16.825	3.723	0.025
	Te	1	13.398	13.398	6.983	0.021
	Di(Us)	8	42.522	5.315	8.386	0.0003
	Us xTe	2	4.169	2.084	1.083	0.415
	Di(Us)xTe	8	17.51	2.188	3.453	0.004
1/Simpson 2Dα	Us	2	14.861	7.4304	2.669	0.1099
	Te	1	6.0545	6.0545	3.435	0.1305
	Di(Us)	8	28.136	3.515	4.139	0.0089
	Us xTe	2	0.961	0.48077	0.266	0.8098
	Di(Us)xTe	8	12.72	2.12	2.495	0.0354



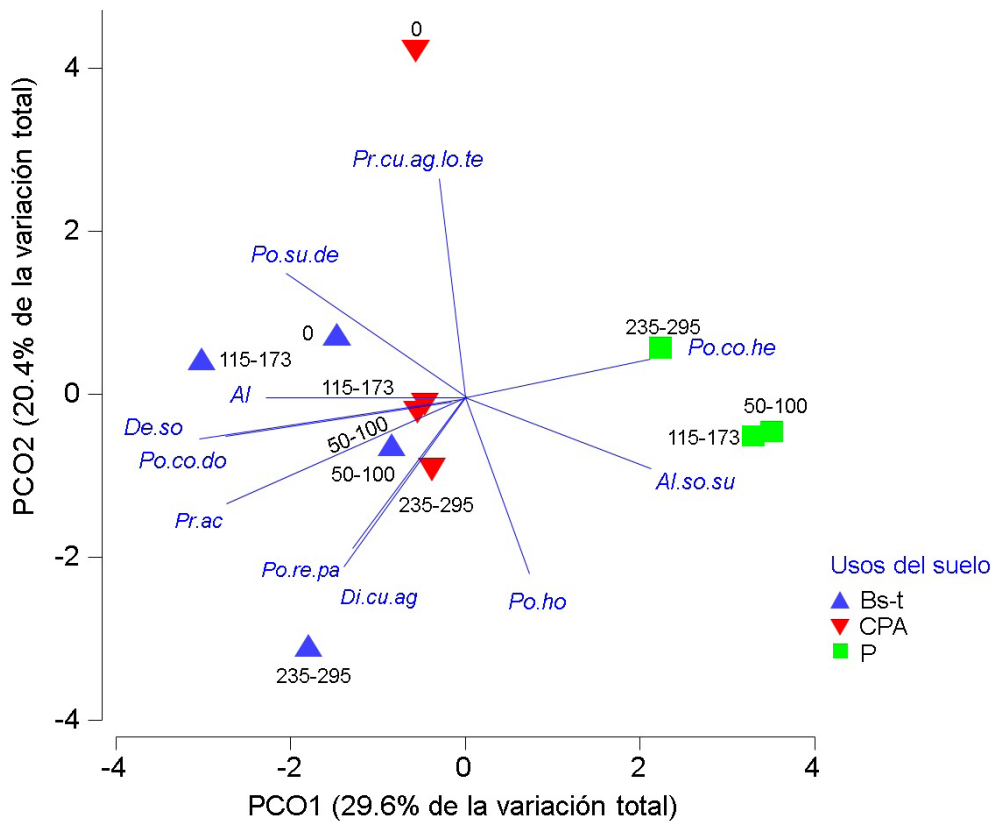


Figure 3. Principal Coordinates Analysis of the gradient in environmental variables during the dry season within a range of distances to the edge in three land-use types: Bs-t, CPA, and P. Variables: Po.co.he = Herbaceous cover percentage, Al.so.su = Height above ground, Pr.cu.ag.lo.te = Presence of temporary lotic water bodies, Po.ho = Percentage of litter, Po.su.de = Percentage of bare soil, Al = Altitude, De.so = Understory density, Po.do = Canopy percentage, Pr.ac = Accumulated precipitation, Po.re.pa = Percentage of palm residues, Di.cu.ag = Distance to water bodies.

Figura 3. Análisis de coordenadas principales del gradiente en las variables ambientales, durante la temporada de sequía, en un rango de distancias al borde en tres usos del suelo. Bs-t, CPA y P. Variables: Po.co.he = Porcentaje cobertura herbácea, Al.so.su = Altura sobre el suelo, Pr.cu.ag.lo.te = presencia de cuerpo de agua lóxico temporal, Po.ho = Porcentaje de hojarasca, Po.su.de = Porcentaje suelo desnudo, Al = Altitud, De.so = Densidad de sotobosque, Po.do = Porcentaje del dosel, Pr.ac = Precipitación acumulada, Po.re.pa = Porcentaje residuos de palma, Di.cu.ag = Distancia a cuerpos de agua.

climática (Tabla 1). Durante las primeras lluvias, la primera coordenada del análisis de componentes principales recogió el 41.4% de la variación en el gradiente ambiental (evidenciándose una separación entre el entre Bs-t, CPA y P), mientras que la segunda recogió el 27% en donde el transecto con distancia 235-295 se diferenció del resto (se evidenció una separación entre el borde de CPA y Bs-t).

El 41.4% de la variación estuvo principalmente relacionada con cambios en la temperatura, distancia a cuerpos de agua, porcentaje de hojarasca, densidad de sotobosque, porcentaje de cobertura del dosel, precipitación durante el día del muestreo y la humedad relativa (Fig. 2). Por el contrario, el 27% de la variación estuvo principalmente relacionado a cambios en la pendiente topográfica, porcentaje de roca, porcentaje de cobertura herbácea y presencia de cuerpo de agua léntico temporal.

Durante la época de sequía para la primera coordenada se registró una separación entre P y los usos de CPA y Bs-t, la cual recoge el 29.6% de la variación en el gradiente ambiental y para la

segunda recoge un 20.4% de la variación. El 29.6% de la variación se presentó debido a cambios en la precipitación acumulada, la altitud (m), porcentaje de cobertura del dosel, porcentaje de cobertura herbácea, porcentaje de suelo desnudo, densidad de sotobosque y altura sobre el suelo (m). Mientras que el 20.4% de la variación estuvo asociado a cambios en la distancia a cuerpos de agua, porcentaje de hojarasca y presencia de cuerpos de agua lóxicos (Fig. 3).

Diversidad de anuros

Se registraron un total de 15 especies en 234 individuos, agrupadas en 9 géneros y 5 familias del orden Anura, siendo las familias Hylidae y Leptodactylidae las más representativas (Tabla 2). Para el área de estudio, la representatividad en la riqueza de especies fluctuó entre y dentro de los usos del suelo (Tabla 3). La estructura del ensamblaje de anuros presentó diferencias significativas entre los usos del suelo (Bs-t, CPA y P), las distancias al borde anidadas en cada uso del suelo, y las distancias al borde anidadas en usos del suelo y en interacción



Table 2. Abundance of anuran species recorded in different land uses in the municipality of Dibulla (La Guajira - Colombia).

Tabla 2. Abundancia de especies de anuros registradas en diferentes usos el suelo en el municipio de Dibulla (Departamento de La Guajira, Colombia).

Familias	Especies	Usos del suelo																		Abun. total:				
		Bs-t (rango de distancia al borde)						CPA (rango de distancia al borde)						P (rango de distancia al borde)										
		0	50-100	115-173	235-295	0	50-100	115-173	235-295	0	50-100	115-173	235-295	0	50-100	115-173	235-295							
		Primeras llluvias			Sequía			Primeras llluvias			Sequía			Primeras llluvias			Sequía							
Bufonidae	<i>Rhinella humboldti</i>	1			2	1			4	2	1			1	4	1		1		3	21			
	<i>Rhinella marina</i>							1													1			
Hylidae	<i>Boana pugnax</i>	1		1					2				1	3	3	1		1		1	7	28		
	<i>Boana xerophilla</i>							1	1													2		
	<i>Dendropsophus microcephalus</i>												1									1		
	<i>Scarthyia vigilans</i>												3									3		
	<i>Scinax cf. ruber</i>								1									1				2		
Ceratophryidae	<i>Ceratophrys calcarata</i>								1	1												2		
Leiuperidae	<i>Engystomops pustulosus</i>	2		2				2	5	4	1	4	1	4	7	1						33		
	<i>Pleurodema brachyops</i>			6	2			1	4								1					14		
	<i>Pseudopaludicola pusilla</i>								7		3	1	5	6	7							29		
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus fragilis</i>				2						2			7	1		3		1			16		
	<i>Leptodactylus fuscus</i>	3		2	1		1	1	1	3	5			3	14	7	8		6	4		3	67	
	<i>Leptodactylus insularum</i>								1				3	2									6	
	<i>Leptodactylus poecilochilus</i>			3								3	2	1									9	
Abundancia total:		7	0	11	6	4	2	1	6	29	12	17	12	18	37	29	11	0	12	5	2	10	3	234



Table 3. Species representativeness is reported as a percentage of estimated species with respect to species richness observed in the field (Sobs).

Tabla 3. Representatividad de especies, reportado como porcentaje de las especies estimadas respecto a la riqueza observada en campo (Sobs).

Usos del suelo/ Estimadores no paramétricos	Sobs	Chao1	Jackknife1	Jacknife2	Bootstrap	Representatividad (min-max)
Área de estudio	15	95.74	83.47	83.33	90.85	83.33 - 95.74%
CPA	14	75.68	74.17	61.68	87.69	74.17 - 87.69%
P	6	100	75.68	67.48	86.90	75.88 - 100%
Bs-t	9	90	75.59	69.74	86.76	69.74 - 90%

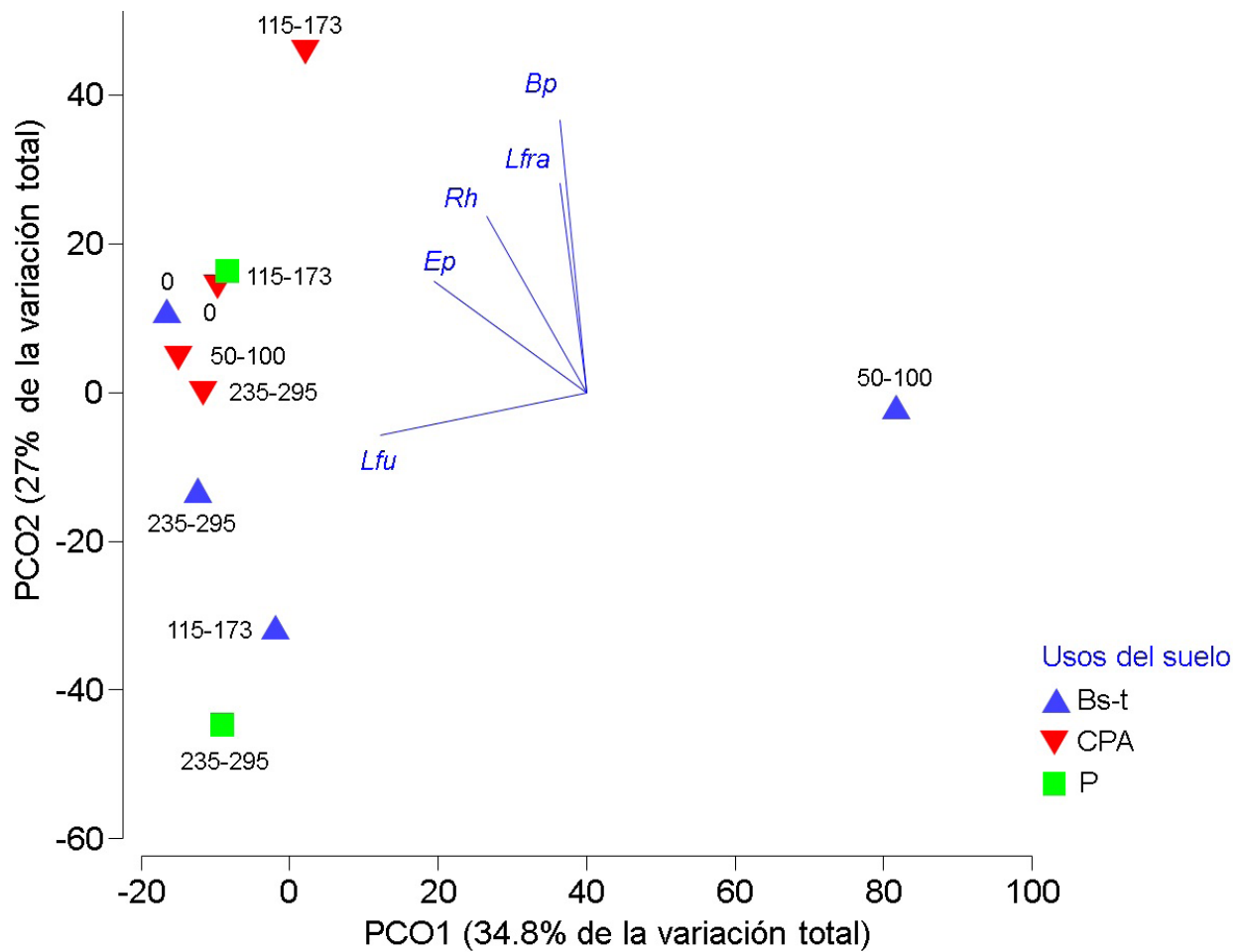


Figure 4. Principal Coordinates Analysis of the anuran assemblage structure during the early rains within a range of distances to the edge across three land-use types. Blue triangle = Bs-t, red inverted triangle = CPA, green square = P. Species: Bp = *Boana pugnax*, Lfra = *Leptodactylus fragilis*, Lfu = *Leptodactylus fuscus*, Rh = *Rhinella humboldti*, Ep = *Engystomops pustulosus*.

Figura 4. Análisis de coordenadas principales de la estructura del ensamblaje de anuros durante las primeras lluvias en un rango de distancias al borde en tres tipos de uso del suelo. Triángulo azul = Bs-t, triángulo invertido rojo = CPA, cuadrado verde = P. Especies: Bp = *Boana pugnax*, Lfra = *Leptodactylus fragilis*, Lfu = *Leptodactylus fuscus*, Rh = *Rhinella humboldti*, Ep = *Engystomops pustulosus*.



con la temporada climática. Sin embargo, no se presentaron diferencias significativas en la temporada climática, ni en su interacción con Bs-t, CPA y P (Tabla 1).

La estructura del ensamblaje durante las primeras lluvias se asoció a una variación entre el 34.8% y 27% en la primera y segunda coordenada principal, respectivamente. La primera coordenada se asoció a un cambio en las abundancias de *Leptodactylus fuscus* (distancias 50 m, 100 m del Bs-t), mientras que la segunda coordenada se asoció a un incremento en las abundancias de *Boana pugnax* y *Leptodactylus fragilis* (distancias entre 115 m, 173 m del borde de P) (Fig. 4).

Durante la temporada de sequía la estructura del ensamblaje de anuros se asoció a una variación entre 42.9% y 25.6% en la

primera y segunda coordenada principal respectivamente. La primera coordenada se asoció a un incremento en las abundancias de *B. pugnax* y *Rhinella humboldti* (distancias entre 235 m y 295 m del borde), presentan menor abundancia en ambas especies) en Bs-t, CPA y P. En la primera coordenada se evidenció una separación del ensamblaje entre CPA y el interior del Bs-t (distancias entre 235 m y 295 m del borde). En la segunda coordenada, el CPA presentó las mayores abundancias de *Dendropsophus microcephalus*, *Engystomops pustulosus*, *L. fuscus*, *L. insularum*, *L. poecilochilus*, *Pseudopaludicola pusilla* y *Scarthyia vigilans* (Fig. 5).

Los números Hill de orden α evidenciaron diferencias significativas entre usos del suelo, temporadas climáticas, distancias al borde anidadas en usos del suelo y distancias

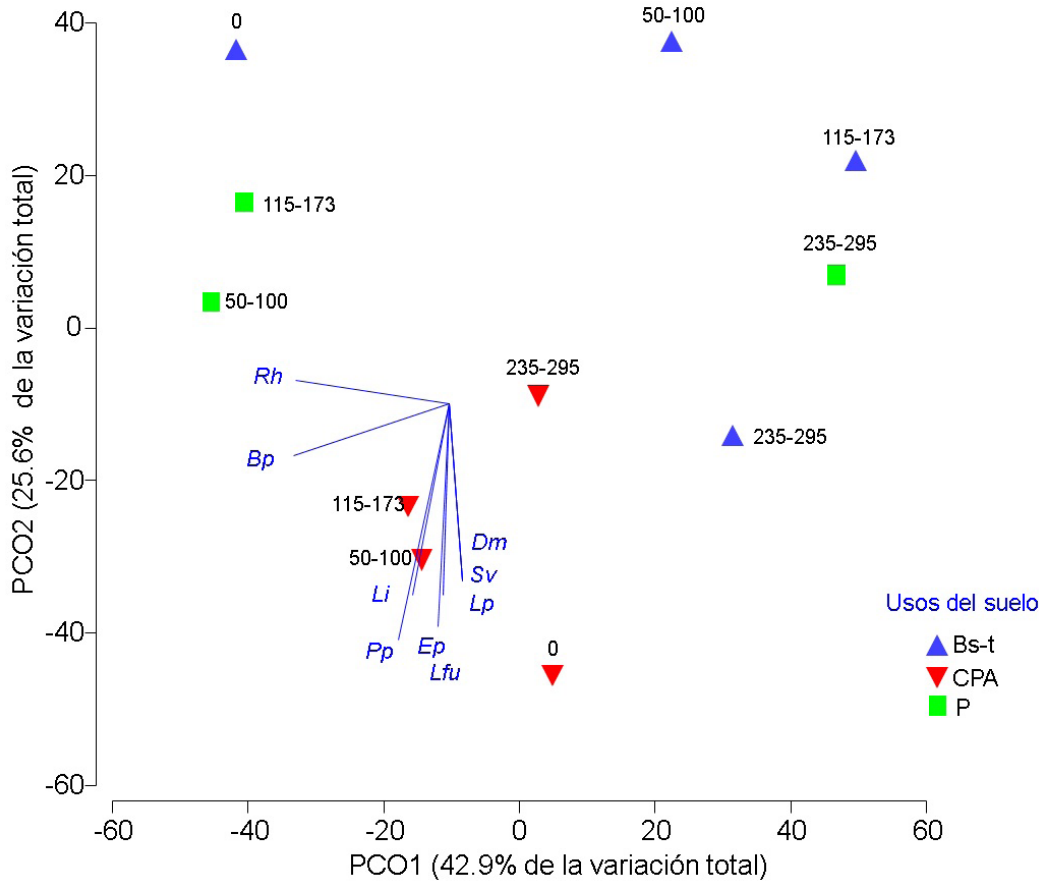


Figure 5. Principal Coordinates Analysis of the anuran assemblage structure during the dry season within a range of distances to the edge across three land-use types. Blue triangle = Bs-t, red inverted triangle = CPA, oil palm plantation, green square = P. Species: Rh = *Rhinella humboldti*, Bp = *Boana pugnax*, Li = *Leptodactylus insularum*, Pp = *Pseudopaludicola pusilla*, Ep = *Engystomops pustulosus*, Lfu = *Leptodactylus fuscus*, Lp = *Leptodactylus poecilochilus*, Sv = *Scarthyia vigilans*, Dm = *Dendropsophus microcephalus*.

Figura 5. Análisis de coordenadas principales de la estructura del ensamblaje de anuros durante la temporada de sequía en un rango de distancias al borde en tres tipos de uso del suelo. Triángulo azul = Bs-t, triángulo invertido rojo = CPA, plantación de palma de aceite, cuadrado verde = P. Especies: Rh = *Rhinella humboldti*, Bp = *Boana pugnax*, Li = *Leptodactylus insularum*, Pp = *Pseudopaludicola pusilla*, Ep = *Engystomops pustulosus*, Lfu = *Leptodactylus fuscus*, Lp = *Leptodactylus poecilochilus*, Sv = *Scarthyia vigilans*, Dm = *Dendropsophus microcephalus*.



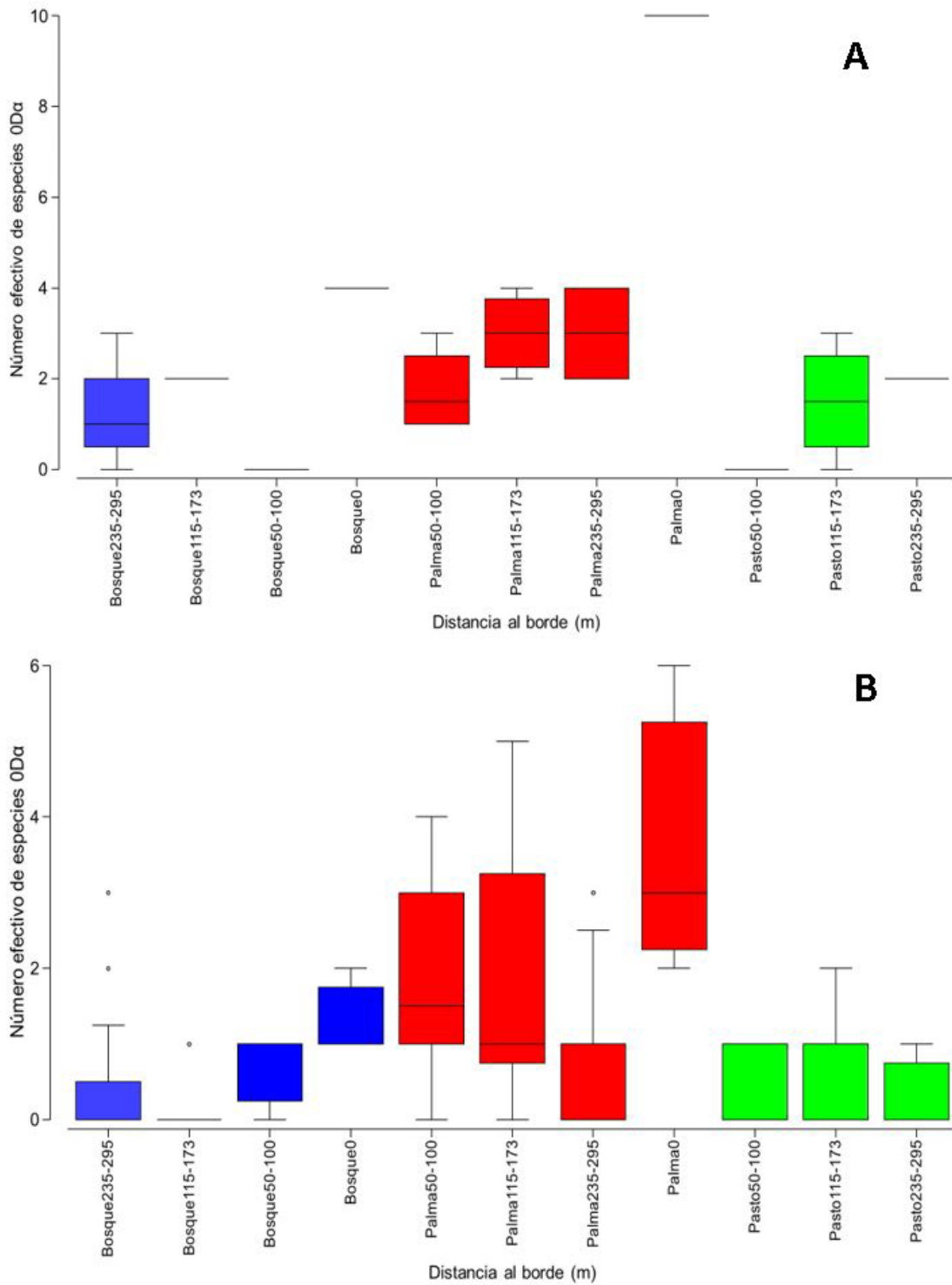


Figure 6. Boxplot of Hill numbers of order ODα for (a) the first rains and (b) the dry season.

Figura 6. Boxplot de los números Hill de orden ODα para (a) las primeras lluvias y (b) y época de sequía.

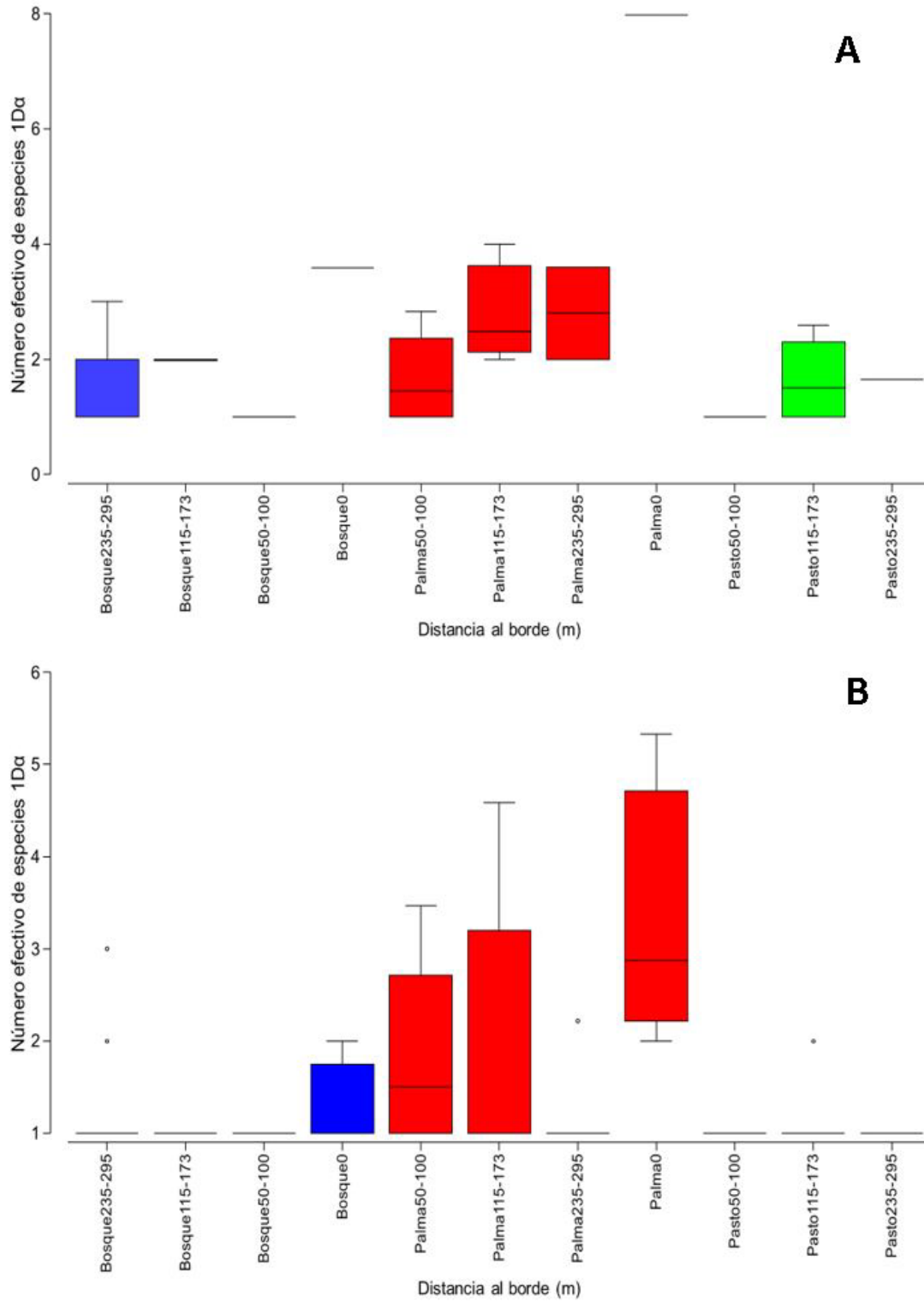


Figure 7. Boxplot of Hill numbers of order 1D α for (a) the first rains and (b) the dry season. / Figura 7. Boxplot de Hill de orden 1D α para (a) las primeras lluvias y (b) época de sequía.

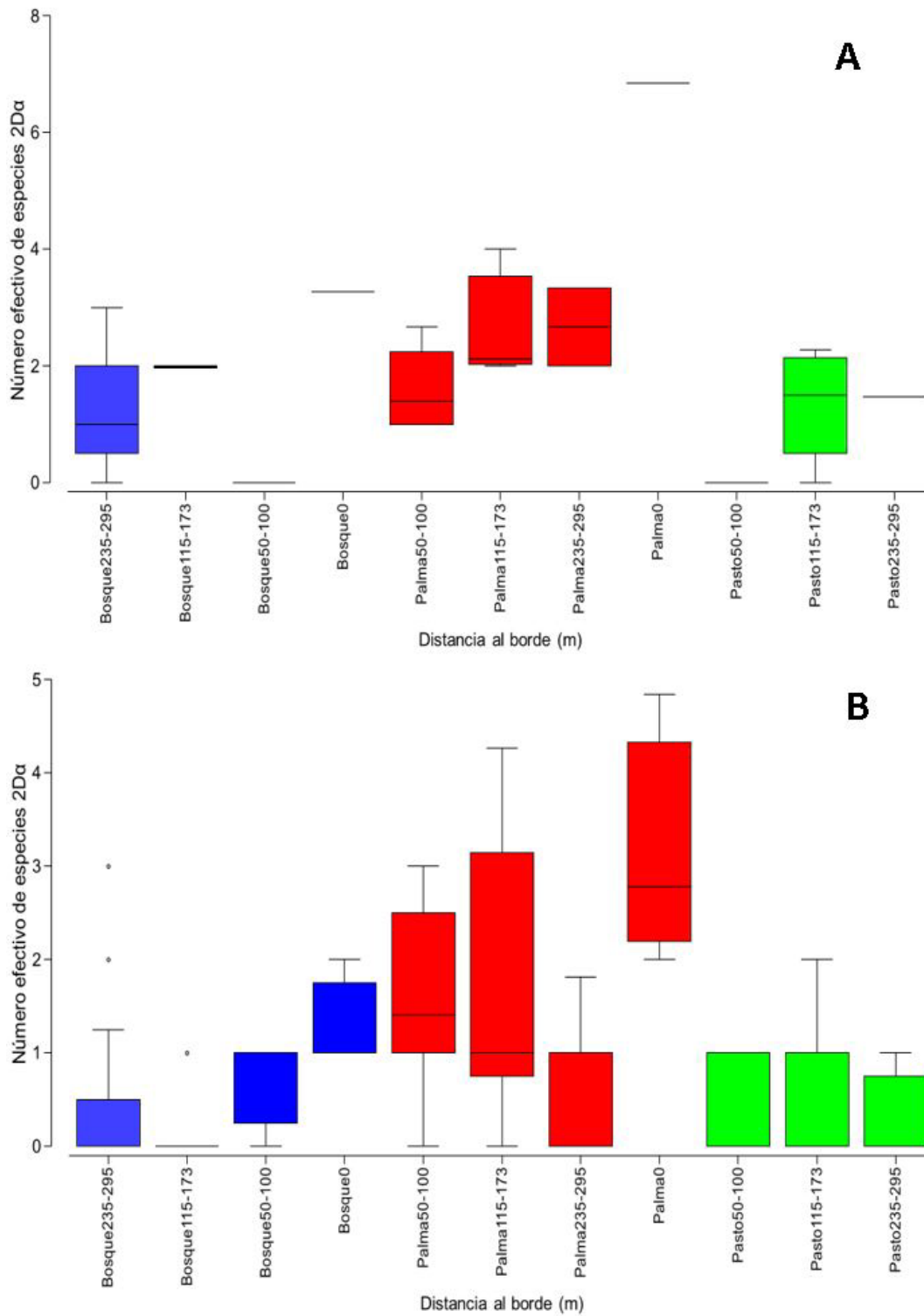


Figure 8. Boxplot of Hill numbers of order $2D\alpha$ for (a) the first rains and (b) the dry season. / **Figura 8.** Boxplot de números de Hill de orden $2D\alpha$ para (a) las primeras lluvias y (b) época de sequía.

Table 4. Best-fitted models, ranked based on the Akaike's Information Criterion for small samples (AICc) for each of the response variables describing the diversity of anuran assemblages.

Tabla 4. Mejores modelos ajustados, clasificados a partir del criterio de información de Akaike para muestras pequeñas (AICc) para cada una de las variables de respuesta que describen la diversidad de los ensamblajes de anuros.

	AICc	R ²	Residuales de suma de cuadrados	VARIABLES SELECCIONADAS *
Estructura ensamblaje	489.92	0.274	1.50E+05	2,4,10,13,17
0D α	9.343	0.630	54.592	1,3,11,14,18
1D α	-4.249	0.576	43.687	1,3,5,11,14,18
2D α	-13.306	0.535	37.66	1,2,14,16,18

*. 1 = Precipitation during sampling, 2 = Cumulative precipitation, 3 = Distance to water bodies, 4 = Altitude, 5 = Slope, 6 = Canopy cover percentage, 7 = Understory density, 8 = Temperature, 9 = Relative humidity, 10 = Height above ground, 11 = Percentage of bare soil, 12 = Percentage of palm residues, 13 = Presence of temporary lentic water bodies, 14 = Presence of temporary lotic water bodies, 15 = Leaf litter percentage, 16 = Herbaceous cover percentage, 17 = Fallen trunk percentage, and 18 = Rock percentage.

*. 1 = Precipitación durante el muestreo, 2 = Precipitación acumulada, 3 = Distancia a cuerpos de agua, 4 = Altitud, 5 = Pendiente, 6 = Porcentaje del dosel, 7 = Densidad de sotobosque, 8 = Temperatura, 9 = Humedad relativa, 10 = Altura sobre el suelo, 11 = Porcentaje de suelo desnudo, 12 = Porcentaje de residuos de palma, 13 = Presencia de cuerpo de agua lentic temporal, 14 = Presencia de cuerpo de agua lótico temporal, 15 = Porcentaje de hojarasca, 16 = Porcentaje de cobertura herbácea, 17 = Porcentaje de tronco caído y 18 = Porcentaje de roca.

al borde anidadas en usos del suelo en interacción con las temporadas climáticas. Los usos del suelo de P, CPA y Bs-t tendieron a ser similares en sus riquezas durante las primeras lluvias en las distancias (Bs-t: 235-295 m; CPA: 115-173 m y P: 50-100 m). Para temporada de sequía, el CPA (todos los rangos de distancias al borde) se diferenció del resto de usos del suelo al presentar el valor más alto en cuanto a riqueza de especies (Figs. 6a y 6b). Solamente se presentaron diferencias significativas entre la época de sequía y las primeras lluvias (distancias de 115 m, 173 m del borde para el Bs-t).

De igual manera se encontraron diferencias significativas en los números de Hill de orden 1D α entre usos del suelo, temporadas climáticas, distancias al borde anidadas en usos del suelo y distancias al borde anidadas en usos del suelo, en interacción con las temporadas climáticas. En los números de Hill de orden 1D α se evidenció una uniformidad en las abundancias durante las primeras lluvias entre los rangos de distancia en cada uso del suelo, excepto por el alto valor presentado en el borde de CPA. Sin embargo, para la época de sequía se observó un incremento en los valores en CPA (Figs. 7a y 7b). Se presentaron diferencias significativas entre la época de sequía y las primeras lluvias en las distancias de 115 m y 173 m del borde para el Bs-t, las distancias de 235 m y 295 m del borde para el CPA, y en las distancias de 115 m y 173 m del borde para el P.

En los números de Hill de orden 2D α se encontraron diferencias entre distancias al borde anidadas en usos del suelo y las distancias al borde anidadas en usos del suelo en interacción con las temporadas climáticas; patrón que fue similar para la riqueza de especies. Sin embargo, se presentaron diferencias significativas entre la época de sequía y las primeras lluvias en las distancias de 115 m y 173 m del borde para el Bs-t (Figs. 8a y 8b).

Relación entre la diversidad de anuros y variables ambientales

El mejor modelo ajustado que explicó los cambios en los números de Hill de orden 0D α estuvo compuesto por las siguientes variables ambientales: precipitación durante el muestreo, precipitación acumulada de quince días antes del muestreo, distancia a cuerpos de agua, porcentaje de suelo desnudo, presencia de cuerpos de agua lótico temporal y porcentaje de roca. Para los números de Hill de orden 1D α el mejor modelo estuvo compuesto por la precipitación durante el muestreo, distancia a cuerpos de agua, pendiente topográfica, porcentaje de suelo desnudo, presencia de cuerpos de agua lótico temporal y porcentaje de roca. Los números de Hill de orden 2D α fueron explicados por la precipitación durante el muestreo, precipitación acumulada de quince días antes del muestreo, presencia de cuerpo de agua lótico temporal, porcentaje de cobertura herbácea, de hojarasca y de roca (Tabla 4).



El mejor modelo ajustado que explicó cambios en la estructura del ensamblaje estuvo compuesto por las siguientes variables ambientales: precipitación acumulada quince días antes del muestreo, altitud, altura sobre el suelo, presencia de cuerpo de agua lentic temporal y porcentaje de troncos caídos (Tabla 4). Los primeros dos ejes dbRDA explicaron el 23.2% de la variación total en la estructura del ensamblaje de anuros. Se observó que la estructura del ensamblaje principalmente en el interior de los P se vio explicado por cambios en el porcentaje de troncos caídos y altura sobre el suelo (dbRDA, Fig. 9).

Finalmente, el árbol de regresión y clasificación (LINKTREE) permitió separar algunos de los ensamblajes de anuros que habitaron el Bs-t a partir de la distancia a cuerpos de agua (más de 542 m) y otros a partir de cambios muy sutiles en la temperatura y porcentaje de cobertura herbácea. Mientras que el porcentaje de hojarasca, altura sobre el suelo (m) y porcentaje de troncos caídos, permitió diferenciar algunos de los ensamblajes de anuros en P (Fig. 10).

DISCUSIÓN

Diversidad de anuros en la región de estudio

Para el área de estudio se encontraron un total de 15 especies de anuros, las cuales corresponden al 14% de las especies reportadas para la región Caribe colombiana (Vargas-Salinas et al., 2019) y entre 71% y 83% de las especies registradas para el departamento de La Guajira (Blanco-Torres et al., 2013; Acuña-Vargas, 2016). Los estimadores de riqueza del presente estudio predijeron entre dos y doce especies adicionales esperadas en el inventario si se incrementa el esfuerzo de muestreo en campo (usando la misma técnica). Lo anterior puede ser debido a que algunas especies son crípticas con su entorno lo cual dificulta su detectabilidad durante el muestreo visual a lo largo de transectos y por la estacionalidad en la reproducción de algunas especies.

El ensamblaje de anuros presentó una mayor proporción de especies en las familias Hylidae (*Boana pugnax*, *B. xerophilla*, *D.*

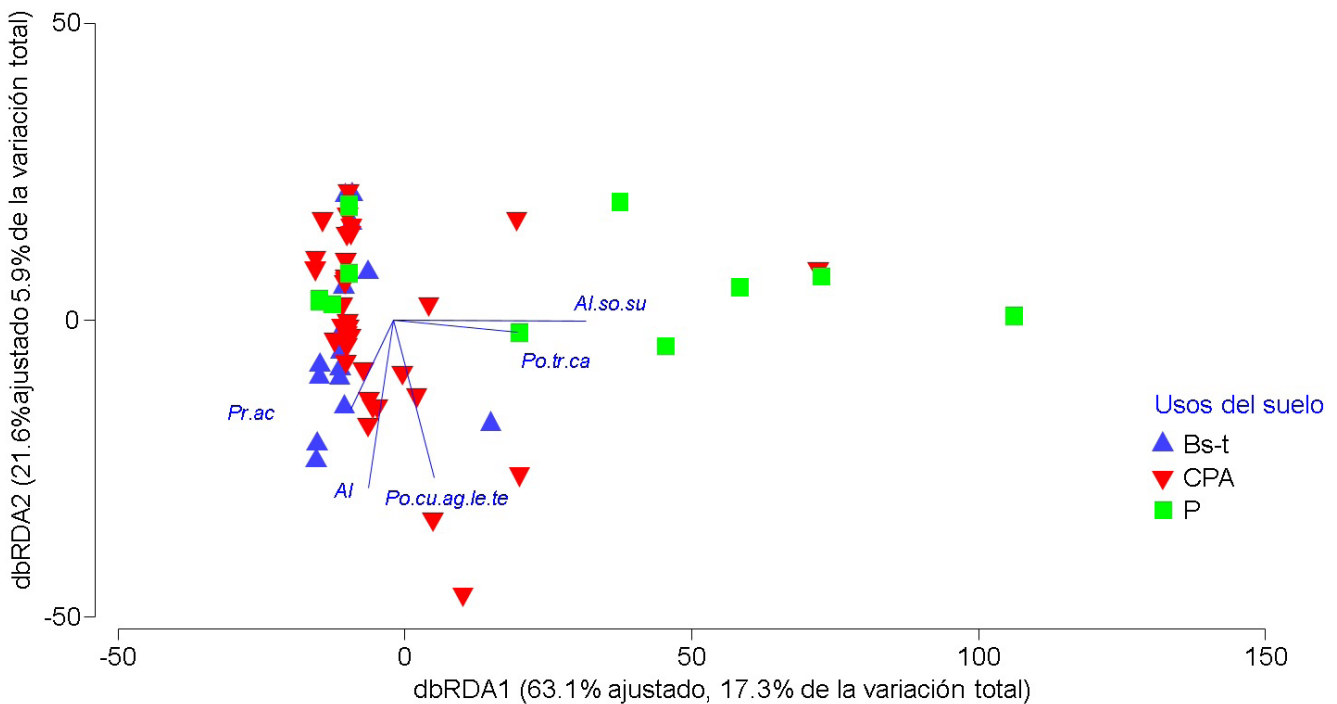


Figure 9. Distance-based redundancy analysis (dbRDA; McArdle & Anderson, 2001). Blue triangle = Bs-t, Red inverted triangle = CPA, Green square= P. Variables: Al.So.Su = Height above ground, Po.tr.ca = Percentage of fallen trunk, Pr.Cu.Ag.Le.Te = Presence of temporary lentic water body, Pr. Ac = Accumulated precipitation, Al = Altitude.

Figura 9. Análisis de redundancias basado en distancias (subrutina dbRDA McArdle & Anderson, 2001). Triángulo azul = Bs-t, triángulo invertido rojo = CPA, cuadrado verde = P. Variables: Al.so.su = Altura sobre el suelo, Po.tr.ca= Porcentaje de tronco caído, Pr.cu.ag.le.te = porcentaje de cuerpo de agua lentic temporal, Pr.ac = Precipitación acumulada, Al= Altitud.



microcephalus, *Scarthyla vigilans* y *Scinax cf. ruber*) y Leptodactylidae (*Leptodactylus fragilis*, *L. fuscus*, *L. insularum*, *L. poecilochilus*), de las cuales *L. fuscus* y *Engystomops pustulosus* presentaron las mayores abundancias. Nuestros resultados coinciden con diferentes estudios donde las especies que presentan mayores abundancias son generalistas de hábitat (Blanco-Torres et al., 2013; Paternina-H et al., 2013; Bernal-González et al., 2014; Acuña-Vargas et al., 2016).

Cambios de uso del suelo y ensamblajes de anuros

A partir de los primeros pulsos de deforestación, las coberturas boscosas remanentes experimentan efectos de borde abruptos, los cuales se ven reflejados inicialmente en cambios abióticos

(Murcia 1995), los cuales dependen del tipo de uso del suelo antropogénico adyacente (Ries et al., 2004). Una de las hipótesis del presente trabajo era que se esperaba un cambio gradual en las variables ambientales (topográficas, climáticas y de estructura vegetal) desde el interior del Bs-t hacia el interior del CPA y P. Los resultados no soportan la hipótesis y sugieren una alta dinámica espacio-temporal en los efectos de borde abióticos donde los gradientes ambientales en Bs-t se diferencian del P y CPA durante las primeras lluvias del año (Tabla 1; Fig. 2), pero durante la sequía el CPA incrementa su similitud en el valor de las variables ambientales con el Bs-t (Fig. 3). En este sentido, la transición entre la época de sequía y las primeras lluvias en el área de estudio puede estar determinando filtros ambientales que se ven reflejados en la dinámica espacio-temporal en la estructura

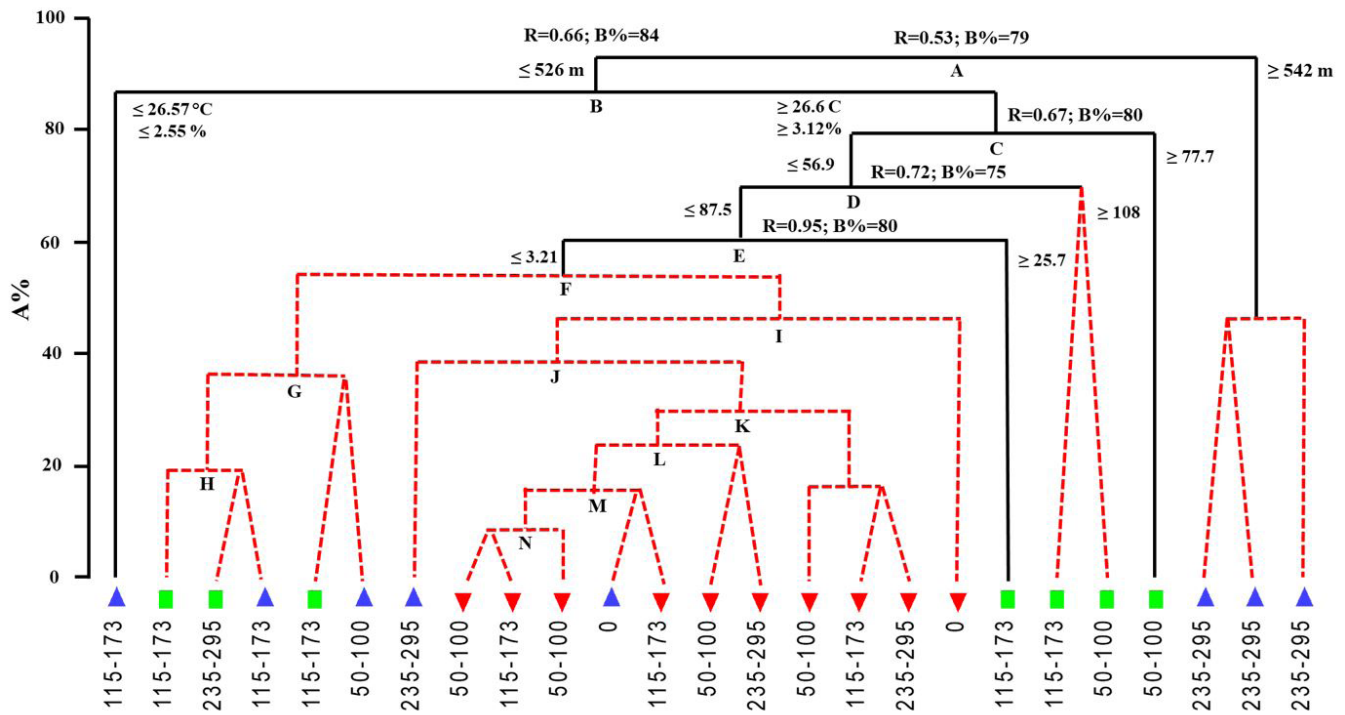


Figure 10. S Regression and classification tree revealing changes in the structure of the anuran assemblage (Bray-Curtis similarity) among 25 transects along the distance gradient between Bs-t, CPA, and P in the municipality of Dibulla (Department of La Guajira, Colombia). Node A division occurs due to changes in distance to water bodies. Division in B arises from changes in temperature and percentage of herbaceous cover. In C, division occurs due to changes in the percentage of litter. Division in D is due to changes in height above ground. Finally, division in E results from the percentage of fallen trunks on the ground. R = non-parametric measure of multivariate difference (or degree of separation) between transects; B% = absolute measure of the difference in binary division between groups. Blue triangle = Bs-t, red inverted triangle = CPA, oil palm plantation, green square = P.

Figura 10. Árbol de regresión y clasificación que evidencia cambios en la estructura del ensamblaje de anuros (similitud de Bray-Curtis) entre 25 transectos ubicados a lo largo del gradiente de distancia entre Bs-t, CPA y P en el municipio de Dibulla (Departamento de La Guajira, Colombia). La división en el nodo A se da por cambios en distancia a cuerpos de agua. La división en B se da por cambios en temperatura; porcentaje de cobertura herbácea. En C la división se da por cambios en el porcentaje de hojarasca. La división en D se da por cambios en altura sobre el suelo. Finalmente, la división en E se da por el porcentaje de troncos en el suelo. R = medida no paramétrica de diferencia multivariante (o grado de separación) entre transectos; B% = medida absoluta de la diferencia en la división binaria entre grupos. Triángulo azul = Bs-t, triángulo invertido rojo = CPA, plantación de palma de aceite, cuadrado verde = P.



y diversidad de los ensamblajes de anuros (Alvarez-Grzybowska et al., 2020), a pesar de que las especies que se distribuyen en el ecosistema de Bs-t presentan estrategias para reducir la pérdida de agua en ambientes deshidratantes (Urbina-Cardona et al., 2014).

Es importante resaltar la importancia que tienen los bosques nativos para amortiguar los extremos de temperatura en usos del suelo antropogénicos (del Pliego et al., 2016), reduciendo la exposición de los anfibios a condiciones estresantes de altas temperaturas y baja humedad (Scheffers et al., 2014; Watling & Braga, 2015). Cabe resaltar el papel que juega el CPA como refugio temporal para las especies durante la época de sequía, al presentar un gradiente ambiental similar al del Bs-t (Figs 2 y 3). Si bien las plantaciones forestales en monocultivo de especies exóticas tienen efectos negativos para los anfibios tropicales (López-Bedoya et al., 2022), en el presente estudio encontramos que el CPA puede ser refugio para muchas especies en la medida que se mantengan cuerpos de agua y se acumulen montículos de las ramas secas de las palmas cortadas.

La diferenciación en la estructuración del ensamblaje en épocas de sequía puede explicarse por la escasez de cuerpos de agua en P y Bs-t, los cuales se encuentran restringidos al manejo hídrico de las plantaciones (CPA). Es clave entonces mantener cuerpos de agua en los paisajes transformados de Bs-t, dada la alta dependencia de los anuros a niveles óptimos de humedad para garantizar su supervivencia y reproducción (Urbina-Cardona et al., 2014). Lo anterior coincide con los estudios realizados por Blanco-Torres & Bonilla-Gómez (2010), quienes al analizar la partición del recurso de microhábitats entre ensamblajes de Bufonidae y Leiuperidae encontraron que microhábitats permanentes y húmedos albergaron la mayor cantidad de especies e individuos en época seca, haciendo énfasis en que estos microhábitats pueden utilizarse como refugio ante condiciones de escasas hídrica.

Otro aspecto importante en esta estructuración del ensamblaje es la pérdida de heterogeneidad vegetal, como se ha reportado en el departamento del Cesar donde se registró una baja riqueza de anfibios en áreas con un alto grado de intervención antropogénica (Paternina-H et al., 2013). Asimismo, coincide con los estudios realizados por Bernal-González (2014) quien evidenció una respuesta diferencial de los ensamblajes de anfibios y reptiles a los cambios en los usos del suelo en el departamento del Cesar.

Los cambios en las variables ambientales no sólo se deben a la dinámica en la precipitación, también son el resultado de

la implementación de técnicas de remoción total o parcial de la cobertura vegetal original, a causa del incremento de las actividades agrícolas y pecuarias intensificadas en los trópicos en especial en el Bs-t, dada la fertilidad de los suelos (Murphy & Lugo, 1986; Etter et al., 2006, 2008). El remplazo de bosques nativos por potreros da como resultado una menor complejidad estructural de la vegetación, restringiendo la disponibilidad de microhábitat para la reproducción, búsqueda de alimento, refugio y ovoposición de los anfibios (Tocher et al., 2001; Urbina-Cardona & Londoño, 2003; Urbina-Cardona et al., 2006). Lo anterior se ve reflejado en la baja riqueza y abundancia de anuros registrados en P, debido a una homogenización vegetal del uso del suelo. Es por ello, por lo que los potreros afectan negativamente la abundancia y riqueza de anfibios en regiones templadas y tropicales por lo que se consideran hábitats de baja calidad a nivel global (López-Bedoya et al., 2022). Lo anterior concuerda con lo reportado por Burdano Yandi et al. (2016) en el Valle del Magdalena (Colombia), quienes registraron una baja riqueza de anfibios en zonas con intervención minera en comparación con áreas boscosas y sistema silvopastoril, recalando la importancia de la heterogeneidad vegetal como un factor importante que favorece la disponibilidad de microhábitats para las especies de anfibios.

En contraste, Román-Palacios et al., (2016) encontraron que la zona lacustre y de cantera presentaron una mayor diversidad de anuros en comparación con un área de bosque seco en el corregimiento de Guarinocito, en el departamento de Caldas, Colombia. Es importante resaltar que, aunque los bosques secos presenten una mayor complejidad estructural pueden presentar poca disponibilidad de microhábitat para los anuros en comparación con áreas intervenidas (Blanco-Torres & Bonilla-Gómez, 2010), lo que a su vez puede estar influyendo en la estructuración del ensamblaje. Por otra parte, estudios recientes han demostrado que en los Andes, los potreros no son habitados por la mayoría de las especies de anfibios constituyéndose en barreras para su dispersión (Zabala-Forero & Urbina-Cardona, 2021; Galindo-Urbe et al., 2022).

Nuestros resultados reflejan un efecto de borde sobre los gradientes ambientales que depende del uso del suelo y la temporada climática (Tabla 1). En este sentido, el estudio de los efectos de borde es un componente fundamental para comprender cómo la estructura del paisaje influye en la calidad del hábitat para las especies (Ries et al., 2004). Diferentes estudios describen los impactos de los cambios en los usos del suelo y la creación de bordes en la estructuración del ensamblaje de la herpetofauna, haciendo hincapié en la respuesta diferencial de las especies ante los gradientes ambientales entre las

matrices antropogénicas, el borde e interior de bosques nativos remanentes (Urbina-Cardona et al., 2006; Carvajal-Cogollo & Urbina-Cardona, 2008; Schneider-Maunoury et al., 2016; Pfeifer et al., 2017).

El presente estudio, refleja diferencias en la estructura de la anurofauna entre usos del suelo que son dinámicas en espacio (el rango de distancias al borde) y tiempo (época de sequía vs primeras lluvias del año) (Tabla 1). Sin embargo, se observaron especies comunes entre usos del suelo naturales y antropogénicos como es el caso de *B. pugnax*, *P. brachyops* y *R. humboldti* lo que refleja una amplia plasticidad y tolerancia de estas especies a ambientes altamente perturbados; mientras que *L. fragilis*, *L. insularum*, y *P. pusilla* fueron exclusivas de CPA. Cabe resaltar que no se encontró ninguna especie exclusiva de Bs-t debido posiblemente a la migración de individuos entre este uso del suelo y el CPA adyacente, la cual provee disponibilidad de cuerpos de agua manejados por el ser humano durante todo el año.

Los cambios en la abundancia de *B. pugnax* se pueden relacionar con la altura sobre el suelo donde se registraron los individuos, coincidiendo con los reportes de Medina-Rangel et al. (2011) sobre el microhábitat de esta especie, la cual se encontró asociada a ramas de árboles, arbustos y troncos caídos entre los 0.36-250 m. Para *R. humboldti* estos cambios responden al porcentaje de cobertura herbácea presente en CPA, la cual se caracterizó por presentar los valores más altos, sumado a la presencia de cuerpos de agua y vegetación arbórea, hábitats característicos de la especie. Las variaciones en las abundancias de *D. microcephalus*, *E. pustulosus*, *L. fuscus*, *L. insularum*, *L. poecilochilus*, *P. pusilla* y *S. vigilans*, responden a sus preferencias de hábitats que varían desde suelos desnudos, charcas temporales, vegetación arbórea, bordes de pantanos y áreas con presencia de roca (Medina Rangel et al., 2011).

Otro aspecto importante es el modo reproductivo presentado por las especies pertenecientes a la familia Leptodactylidae, las cuales están asociados a cuerpos de agua expuestos, con nidos de espuma para la protección de las larvas contra la desecación y la depredación (Crump, 2015). En este sentido, la conversión de los bosques a cultivos o potreros puede ser el principal responsable del reemplazo de especies de anuros de bosque por aquellas que están bien adaptadas a hábitats perturbados (da Cunha Bitar et al., 2015), como se evidencia en nuestros resultados. Este proceso es un claro ejemplo de los efectos de propagación de especies causados por los efectos de borde y matriz (spillover effect; Ries et al., 2004) y de la complementación/suplementación de hábitat que algunas especies nativas logran hacer en paisajes

transformados (Tschardt et al., 2012). Haciendo hincapié en que la respuesta de la herpetofauna a cambios en los gradientes ambientales y estructurales, no necesariamente es reflejada en la riqueza y abundancias de las especies, si no en la estructura y composición de los ensamblajes (Carvajal-Cogollo & Urbina-Cardona, 2008), dejando en evidencia una amplia gama de tolerancias eco-fisiológicas dentro del conjunto de especies (Urbina-Cardona et al., 2014).

Efecto de borde sobre los ensamblajes de anfibios en diferentes usos del suelo

El CPA presentó en el borde con el Bs-t el 87% de las especies de anuros del estudio con un 20% de la abundancia total, mientras que en su interior presentó el 46% de las especies y el 29% los individuos registrados. Esto resalta la importancia que tienen los ecotonos entre la vegetación antropogénica y nativa para la conservación de los anfibios a nivel del paisaje (Roach et al., 2020). Hansen et al. (2019) encontraron una mayor abundancia de ranas en plantaciones lineales en comparación con los remanentes de bosque.

Es importante tener en cuenta que las especies de anuros en el Bs-t están expuestas a altas variaciones climáticas que pueden condicionar la coexistencia de estas especies principalmente en época seca (como se observa en CPA en sequía), caracterizada por una disminución en la disponibilidad de microhábitats óptimos y cuerpos de agua para la supervivencia (Blanco-Torres & Bonilla-Gómez, 2010; Simon et al., 2015). En la medida en que el CPA presente una complejidad estructural similar a la de un bosque nativo, y tenga un uso más amigable con la biodiversidad (e.g., bajo uso de agroquímicos, acumulación de montículos de hojas de palma y disponibilidad de agua durante todo el año), podría albergar una alta riqueza y abundancia de especies de anfibios. Lo anterior teniendo en cuenta que la presencia de cuerpos de agua permanentes y temporales es de gran importancia para la reproducción y ciclos de vida de los anfibios (Semlitsch, 2002; Becker et al., 2010; Camacho-Rozo & Urbina-Cardona, 2021), lo que puede complementar la presencia de microhábitat, alimento y sitios de refugio durante las temporadas de sequía (Hecnar & MCluskey, 1996; Hazell et al., 2001). Cabe resaltar que al igual que en otros estudios el CPA estuvo dominado por especies consideradas generalistas de hábitat y tolerantes a las perturbaciones antropogénicas (Sheridan, 2009).

Por el contrario, los usos del suelo de Bs-t y P se caracterizaron por presentar una menor riqueza y abundancia de especies, variando la estructura del ensamblaje entre temporadas (sequía vs primeras lluvias) (Tabla 1). La baja riqueza registrada en Bs-t

discrepa de diferentes investigaciones que registraron una mayor riqueza de anuros en bosques nativos en comparación con sistemas productivos y zonas mineras (Blanco-Torres et al., 2013; Burbano et al., 2016). Cáceres-Andrade & Urbina-Cardona (2009) describieron una alta riqueza de anuros asociados a bosques nativos de tierras bajas y cultivos, con diferencias en la estructura a nivel del ensamblaje.

Nuestros resultados evidencian diferencias significativas en la riqueza y diversidad de la anurofauna entre usos del suelo nativos y antropogénicos, coincidiendo con Ferrante et al. (2017) quienes encontraron variación en los anuros a través de las distancias al borde y entre los tipos de matriz circundante. Asimismo, coinciden con el argumento de que los efectos de borde afectan la diversidad de anuros dado por cambios en variables ambientales (Urbina-Cardona et al., 2006; Schneider-Maunoury et al., 2016; Pfeifer et al., 2017). Nuestros hallazgos al igual que otras investigaciones revelaron el impacto del efecto de borde y su diferenciación entre temporadas climáticas (Schlaepfer & Gavin, 2001; Lehtinen et al., 2003; Urbina-Cardona et al., 2006). Por lo cual sugerimos que a la hora de analizar el efecto de borde se tenga en cuenta la temporada climática, para una mejor comprensión de como ésta influye en la estructuración del ensamblaje a partir de cambios en las variables ambientales, teniendo en cuenta la alta sensibilidad de estos organismos a cambios de temperatura y humedad, como su dependencia a cuerpos de agua dado por sus ciclos de vida y actividades reproductivas (Semlitsch, 2002; Becker et al., 2010; Pulsford et al., 2017). También es importante resaltar que no se muestreó en su totalidad la temporada de lluvias, lo anterior puede aumentar aún más la variación entre temporadas climáticas y disminuirla espacialmente entre los usos de suelo.

Es necesario hacer hincapié en que el Bs-t se caracterizó por presentar las mayores distancias a cuerpos de agua (525 m). En este sentido, nuestros resultados reafirman los hallazgos de Almeida-Gomes & Rocha (2015) y Becker et al. (2010) quienes encontraron que los fragmentos de bosques con mayores distancias a los cuerpos de agua, presentaban menor abundancia de especies de anuros con modos reproductivos asociados a cuerpos de agua en comparación con bosques conectados con estos hábitats claves para la reproducción.

La presente investigación plantea que al existir conectividad entre el Bs-t y el CPA algunas especies de anfibios tienden a dispersarse en época de sequía hacia los cuerpos de agua permanentes en el CPA. En ese sentido, un elemento del paisaje crucial para la conservación de los anfibios de Bs-t son los cuerpos de agua permanente, por el requerimiento que tienen

las especies de microhábitat húmedos dadas sus características eco-fisiológicas como la permeabilidad de su piel y su alta sensibilidad a la temperatura y la humedad ambiental (Urbina-Cardona et al., 2014) y sus ciclos de vida complejos (Semlitsch, 2002; Becker et al., 2010; Pulsford et al., 2017).

Implicaciones para la conservación de los anfibios desde los potreros y la plantación de palma de aceite

El presente estudio evidencia que ligeros cambios en la temperatura del 0.03 °C (entre ≤ 26.57 y $\geq 26.6^\circ\text{C}$) y en el porcentaje de cobertura herbácea del 0.57% (entre ≤ 2.55 y $\geq 3.12\%$) pueden provocar cambios abruptos en la estructuración del ensamblaje de anuros, y a su vez se reafirma la importancia de la distancia a cuerpos de agua y el porcentaje de hojarasca como variables predictoras de la estructura en los ensamblajes de anuros. Cortés-Gómez et al. (2013) describieron que cambios del 2% en la cobertura del dosel de los árboles en una selva húmeda del Pacífico colombiano genera nuevas condiciones ambientales que a su vez influyen en la estructura del ensamblaje de anuros entre bosques secundarios y bosques maduros. Asimismo, Bernal-González (2014) describieron la distancia a los cuerpos de agua, la humedad relativa y la cobertura de arbórea como las variables que mejor explicaron los cambios en el ensamblaje de anuros. Para algunas selvas neotropicales se han resaltado a la cobertura de dosel, profundidad de hojarasca, temperatura y humedad relativa como variables importantes que influyen en la diversidad y estructura de ensamblajes de anfibios y reptiles (Urbina-Cardona et al., 2006, Cortés-Gómez et al., 2013). En este sentido, es necesario el incremento de la cobertura de hojarasca y los troncos caídos en el suelo que se complemente con la cobertura herbácea en los potreros para incrementar la heterogeneidad vegetal y aumente la disponibilidad de microhábitats para los anuros.

Sin embargo, es necesario resaltar la importancia del CPA el cual cuenta con elementos del área de estudio como la presencia permanente de cuerpos de agua y montículos de hojarasca que pueden proporcionar hábitats de reproducción y refugio para las especies de anuros, en especial durante la época de sequía. Estos elementos en el paisaje pueden contribuir al mantenimiento de la biodiversidad de anuros en el área de estudio (Edirisinghe & Bambaradeniya, 2006; Maltchik et al., 2011). Estudios como el de Scriven et al. (2018) adjudican la expansión de las plantaciones de palma de aceite, como una de las principales causantes de la disminución de biodiversidad en zonas tropicales, como resultado de la pérdida y fragmentación de hábitat (Fitzherbert, et al., 2008; Gallmetzer & Schulze, 2015; López-Bedoya et al., 2022).

A pesar de registrar en nuestra área de estudio una mayor riqueza y abundancia de especies de anuros en CPA, al igual que lo reportado por Gilroy et al. (2014), nuestros hallazgos concuerdan con la idea de que estas especies en su mayoría son generalistas de hábitat tolerantes a las perturbaciones y de poca preocupación por la conservación (Gillespie et al., 2012; Faruk et al., 2013; Gilroy et al., 2014; Scriven et al., 2018). De igual manera Danielsen et al. (2009) describen los efectos del establecimiento de plantaciones de palma de aceite, reflejados en una disminución de las especies forestales (especialistas de hábitat) y el establecimiento de especies no forestales (generalistas de hábitat) con amplios rangos de distribución, que pueden habitar en zonas con diferentes grados de perturbación antrópica. Estos impactos en la riqueza y abundancia de especies se han registrado previamente para grupos biológicos como escarabajos (López-Bedoya et al., 2021) y herpetofauna (López-Bedoya et al., 2022), en los cuales se ha observado una disminución de las especies de importancia para la conservación (exclusivas del interior de bosques nativos) y un aumento de especies generalistas de hábitat, las cuales presentan una alta dominancia en las plantaciones forestales compuestas por monocultivos de especies exóticas.

Las plantaciones de palma de aceite están dominadas por especies generalistas de hábitat, lo que evidencia que las transiciones hacia sistemas agrícolas de gran escala, genera una homogenización en el uso del suelo con cambios en variables ambientales y estructurales de la vegetación y reducen la disponibilidad de microhábitat óptimos para especies forestales, con requerimientos de hábitats restringidos (Fitzherbert et al., 2008; Gillespie et al., 2012; Faruk et al., 2013). Gallmetzer & Schulze (2005) al evaluar el impacto de la alteración forestal en los ensamblajes de herpetofauna, encontraron una menor riqueza de especies en plantaciones aceiteras en comparación con áreas de bosque nativo (ecotono borde-interior), sumado a diferencias significativas en la estructura de ensamblajes de especies, relacionados principalmente con cambios en la cobertura del dosel, densidad de sotobosque, así como en el porcentaje de hojarasca y madera muerta. Para finalizar, estudios como el de Gillespie et al. (2012) y Faruk et al. (2013) describen una abundancia de especies similar entre plantaciones forestales y áreas de bosque nativos, pero con cambios en la estructura y composición de anuros.

Nuestro estudio proporciona evidencia de los efectos de la transformación de boques nativos hacia usos en plantaciones de palma de aceite y potreros para ganadería y la influencia de los efectos de borde en la estructuración de los ensamblajes de anuros. Estos cambios están dados por variables como distancias

a cuerpos de agua, temperatura, y porcentaje de cobertura herbácea, coincidiendo con lo reportado por Bernal-González et al. (2014) quienes describieron la humedad relativa, cobertura de dosel y distancias a cuerpos de agua como las variables que mejor explicaron los cambios en el ensamblaje de anuros a través de los elementos del paisaje. Es necesario analizar la influencia de los cambios espaciales y temporales en la estructuración de ensamblajes de anuros, teniendo en cuenta el rango de distancia al borde para evidenciar el efecto de los gradientes ambientales, mediados por los efectos de borde, sobre los anfibios. Por ello es crucial medir diferentes variables como la cobertura del dosel al ser determinante en la estructura de ensamblajes de anuros en la región de estudio dada la protección que genera ante factores deshidratantes como el viento y la alta radiación solar.

Las plantaciones forestales pueden ser una oportunidad para complementar la conservación de los anfibios pero sólo si se implementan, en extensiones pequeñas (menores a 85 ha), sobre potreros en desuso, manteniendo a largo plazo (por más de 26 años) gran variedad de especies forestales (plantaciones mixtas que incluyan especies nativas), y permitiendo el crecimiento de especies en el estrato arbustivo; este manejo incrementa la complejidad en la estructura del sotobosque y la capa de hojarasca en el suelo, lo que aumenta la diversidad de artrópodos presa y los sitios para oviposición (López-Bedoya et al., 2022). En ese sentido, si las plantaciones forestales se implementan, bajo las buenas prácticas descritas anteriormente, y adyacentes a los bosques nativos remanentes pueden ser una herramienta para incrementar la conectividad de las poblaciones de algunas especies de anfibios en paisajes fragmentados y reducir la degradación en sus hábitats ocasionada por los efectos de borde.

CONCLUSIONES

Las acciones de manejo de hábitat para la conservación de la anurofauna en el municipio de Dibulla (Departamento de La Guajira, Colombia), deben de ir enfocadas al incremento de la cobertura de hojarasca y de troncos caídos en el suelo de los potreros que permitan el incremento de la heterogeneidad en los gradientes ambientales, aumentando así la disponibilidad de microhábitats adecuados para la dispersión de los anuros en paisajes transformados. Es necesario garantizar la presencia de cuerpos de agua, como se evidencia en la plantación de palma africana, los cuales son de gran importancia para los anuros dado por sus requerimientos ecofisiológicos y modos reproductivos. Se requiere un control de las actividades agrícolas y ganaderas, con el fin de minimizar los impactos negativos en el ecosistema de bosque seco tropical, teniendo en cuenta que pequeños cambios en la temperatura, cobertura herbácea y de hojarasca

pueden generar cambios considerables en la estructuración de los ensamblajes de anuros.

Agradecimientos.- La presente investigación fue parte de la tesis de Estefanía Del Carmen Silvera Chimá en el programa de Maestría en Conservación y Uso de Biodiversidad de la Pontificia Universidad Javeriana. El proyecto contó con el “Permiso marco de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica para investigación con fines no comercial”, según la Resolución 0546 del 29 de mayo de 2014 otorgado por Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible; ANLA a la Pontificia Universidad Javeriana.

LITERATURA CITADA

- Acuña-Vargas, J.C. 2016. Anfibios y Reptiles asociados a cinco coberturas de la tierra, municipio de Dibulla, La Guajira, Colombia. *Acta Zoológica Mexicana* 32:133-146.
- Almeida-Gomes, M. & C.F. Rocha. 2015. Habitat loss reduces the diversity of frog reproductive modes in an Atlantic forest fragmented landscape. *Biotropica* 47:113-118.
- Alvarez-Grzybowska, E., N. Urbina-Cardona, F. Córdova-Tapia & A. García. 2020. Amphibian communities in two contrasting ecosystems: functional diversity and environmental filters. *Biodiversity and Conservation* 29:2457-2485.
- Anderson, M.J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* 26:32-46.
- Anderson, M. 2008. PERMANOVA+ for PRIMER: guide to software and statistical methods. Primer-E Limited.
- Becker, C.G., C.R. Fonseca, C.F. Haddad, & P.I. Prado. 2010. Habitat split as a cause of local population declines of amphibians with aquatic larvae. *Conservation Biology* 24:287-294.
- Bernal-González, V.A. 2014. Respuesta de los ensambles de anfibios y reptiles a los cambios en la cobertura del suelo, en localidades del departamento del Cesar-Colombia. Tesis de maestría UNAL <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/>.
- Bianchi, S., C. Cahalan, S. Hale & J.M. Gibbons. 2017. Rapid assessment of forest canopy and light regime using smartphone hemispherical photography. *Ecology and Evolution* 7:10556-10566.
- Blanco-Torres, A. & M.A. Bonilla Gómez. 2010. Partición de microhábitats entre especies de Bufonidae y Leiuperidae (Amphibia: Anura) en áreas con bosque seco tropical de la región Caribe-Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 15:47-60.
- Blanco-Torres, A., L. Báez, E. Patiño-Flores & J.M. Renjifo. 2013. Herpetofauna del valle medio del río Ranchería, La Guajira, Colombia. *Revista Biodiversidad Neotropical* 3:113-122.
- Burbano Yandi, C.E., M.A. Gómez Díaz, A. Gómez Figueroa, D.A. Velásquez Trujillo & W. Bolívar García. 2016. Ensamblaje de anfibios presentes en un bosque seco y en sistemas productivos, Valle Medio del Magdalena, Victoria y La Dorada, Caldas, Colombia. *Revista de Ciencias* 20:81-93.
- Cáceres-Andrade, S.P. & J.N. Urbina-Cardona. 2009. Ensamblajes de anuros de sistemas productivos y bosques en el piedemonte llanero, departamento del Meta, Colombia. *Caldasia* 31:175-194.
- Camacho-Rozo, C.P. & N. Urbina-Cardona. 2021. Tadpoles inhabiting natural and anthropogenic temporary water bodies: which are the environmental factors that affect the diversity of the assemblages? *Frontiers in Environmental Science* 9:667448.
- Carvajal-Cogollo, J.E. & J.N. Urbina-Cardona. 2008. Patrones de diversidad y composición de reptiles en fragmentos de bosque seco tropical en Córdoba, Colombia. *Tropical Conservation Science* 1:397-416.
- Chao, A., C.H. Chiu & L. Jost. 2014. Unifying species diversity, phylogenetic diversity, functional diversity, and related similarity and differentiation measures through Hill numbers. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 45:297-324.
- Clarke, K.R., P.J. Somerfield & R.N. Gorley. 2008. Testing of null hypotheses in exploratory community analyses: similarity profiles and biota-environment linkage. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 366:56-69.
- Clarke, K. & R. Gorley. 2015. Getting started with PRIMER v7. PRIMER-E: Plymouth, Plymouth Marine Laboratory.
- Cortés-Gómez, A.M., F. Castro-Herrera & J.N. Urbina-Cardona. 2013. Small changes in vegetation structure create great changes in amphibian ensembles in the Colombian Pacific rainforest. *Tropical Conservation Science* 6:749-769.
- Crump M.L. & N.Y. Scott. 1994. Visual encounter surveys. Pp. 84-92. En Heyer, R., , M.A. Donnelly, M. Foster & R. Mcdiarmid (Eds.), *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution, USA.



- Crump, M.L. 2015. Anuran reproductive modes: evolving perspectives. *Journal of Herpetology* 49:1-16.
- da Cunha Bitar, Y.O., L. Juen, L.C. Pinheiro & M.C.D. Santos-Costa. 2015. Anuran beta diversity in a mosaic anthropogenic landscape in transitional Amazon. *Journal of Herpetology* 49:75-82.
- Danielsen, F., H. Beukema, N.D. Burgess, F. Parish, C.A. Brühl, P.F. Donald & E.B. Fitzherbert. 2009. Biofuel plantations on forested lands: double jeopardy for biodiversity and climate. *Conservation Biology* 23:348-358.
- del Pliego, P.G., B.R. Scheffers, E.W. Basham, P. Woodcock, C. Wheeler, J.J. Gilroy & D.P. Edwards. 2016. Thermally buffered microhabitats recovery in tropical secondary forests following land abandonment. *Biological Conservation* 201:385-395.
- Dodd, C.K. (Ed.). 2010. *Amphibian Ecology and Conservation: a Handbook of Techniques*. Oxford University Press.
- Driscoll, D.A., S.C. Banks, P.S. Barton, D.B. Lindenmayer & A.L. Smith. 2013. Conceptual domain of the matrix in fragmented landscapes. *Trends in Ecology & Evolution* 28:605-613.
- Edirisinghe, J.P. & C.N. Bambaradeniya. 2006. Rice fields: an ecosystem rich in biodiversity. *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka* 34:57-59.
- Etter, A., C. McAlpine, S. Phinn, D. Pullar & H. Possingham. 2006. Characterizing a tropical deforestation wave: a dynamic spatial analysis of a deforestation hotspot in the Colombian Amazon. *Global Change Biology* 12:1409-1420.
- Etter, A., C. McAlpine & H. Possingham. 2008. Historical patterns and drivers of landscape change in Colombia since 1500: a regionalized spatial approach. *Annals of the Association of American Geographers* 98:2-23.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34:487-515.
- Faruk, A., D. Belabut, N. Ahmad, R.J. Knell. & T.W. Garner. 2013. Effects of oil-palm plantations on diversity of tropical anurans. *Conservation Biology* 27:615-624.
- Ferrante, L., F.B. Baccaro, E.B. Ferreira, M.F.D.O. Sampaio, T. Santos, R.C. Justino & A. Angulo. 2017. The matrix effect: how agricultural matrices shape forest fragment structure and amphibian composition. *Journal of Biogeography* 44:1911-1922.
- Fitzherbert, E.B., M.J. Struebig, A. Morel, F. Danielsen, C.A. Brühl, P.F. Donald & B. Phalan. 2008. How will oil palm expansion affect biodiversity?. *Trends in Ecology & Evolution* 23:538-545.
- Galindo-Urbe, D.M., J.M. Hoyos-Hoyos, P. Isaacs-Cubides, N. Corral-Gómez. & N. Urbina-Cardona. 2022. Classification and sensitivity of taxonomic and functional diversity indices of anurans in the Andean coffee cultural landscape. *Ecological Indicators* 136:108650.
- Gallmetzer, N & C.H. Schulze. 2015. Impact of oil palm agriculture on understory amphibians and reptiles: a Mesoamerican perspective. *Global Ecology and Conservation* 4:95-109.
- Gascon, C., T.E. Lovejoy, Jr.RO. Bierregaard., J.R. Malcolm, P.C. Stouffer, H.L. Vasconcelos & S. Borges. 1999. Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. *Biological Conservation* 91:223-229.
- Gillespie, G.R., E. Ahmad, B. Elahan, A. Evans, M. Ancrenaz, B. Goossens & M.P. Scroggie. 2012. Conservation of amphibians in Borneo: relative value of secondary tropical forest and non-forest habitats. *Biological Conservation* 152:136-144.
- Gilroy, J.J., P. Woodcock, F.A. Edwards, C. Wheeler, C.A. Medina Uribe, T. Haugaasen & D.P. Edwards. 2014. Optimizing carbon storage and biodiversity protection in tropical agricultural landscapes. *Global Change Biology* 20:2162-2172.
- Hansen, N.A., B.C. Scheele, D.A. Driscoll & D.B. Lindenmayer. 2019. Amphibians in agricultural landscapes: the habitat value of crop areas, linear plantings and remnant woodland patches. *Animal Conservation* 22:72-82.
- Hazell, D., R. Cunningham, D. Lindenmayer, B. Mackey & W. Osborne. 2001. Use of farm dams as frog habitat in an Australian agricultural landscape: factors affecting species richness and distribution. *Biological Conservation* 102:155-169.
- Hecnar, S.J. & R.T. McCloskey. 1996. Regional dynamics and the status of amphibians. *Ecology* 77:2091-2097.
- Laurance, W.F., T.E. Lovejoy, H.L. Vasconcelos, E.M. Bruna, R.K. Didham, P.C. Stouffer & E. Sampaio. 2002. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. *Conservation Biology* 16:605-618.
- Legendre, P. & M.J. Anderson. 1999. Distance-based redundancy analysis: testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. *Ecological Monographs* 69:1-24.

- Lehtinen, R.M., J.B. Ramanamanjato & J.G. Raveloarison. 2003. Edge effects and extinction proneness in a herpetofauna from Madagascar. *Biodiversity & Conservation* 12:1357-1370.
- López-Bedoya, P.A., T. Magura, F.A. Edwards, D.P. Edwards, J.M. Rey-Benayas, G.L. Lövei & J.A. Noriega. 2021. What level of native beetle diversity can be supported by forestry plantations? A global synthesis. *Insect Conservation and Diversity* 14:736-747.
- López-Bedoya, P.A., Cardona-Galvis, J.N. Urbina-Cardona, F.A. Edwards & D.P. Edwards. 2022. Impacts of pastures and forestry plantations on herpetofauna: a global meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 59:3038-3048.
- Magurran, A.E. & B.J. McGill. 2010. *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment*. Oxford University Press.
- Maltchik, L., A.S. Rolon, C. Stenert, I.F. Machado & O. Rocha. 2011. Can rice field channels contribute to biodiversity conservation in Southern Brazilian wetlands? *Revista de Biología Tropical* 59:1895-1914.
- Medina-Rangel, G.F., G. Cárdenas-Arévalo & O.V. Castaño-Mora. 2011. *Anfibios y Reptiles de los Alrededores del Complejo Cenagoso de Zapatosa, Departamento del Cesar, Colombia*. Colombia Diversidad Biótica. Publicación Especial, 1. Grupo de Biodiversidad y Conservación, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia-CORPOCESAR, Bogotá. D.C., Colombia.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology & Evolution* 10:58-62.
- Murphy, P. G. & A. E. Lugo. 1986. Ecology of tropical dry forest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17:67-88..
- Nori, J., P. Lemes, N. Urbina-Cardona, D. Baldo, J. Lescano & R. Loyola. 2015. Amphibian conservation, land-use changes and protected areas: a global overview. *Biological Conservation* 191:367-374.
- Paternina-H, A., J.E. Carvajal-Cogollo, G. Medina-Rangel & J.O. Rangel-Ch. 2013. *Anfibios de las Ciénagas del Departamento del Cesar*. Colombia: Diversidad Biótica XIII. Complejo cenagoso de Zapatosa y ciénagas del sur del Cesar. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 499-509.
- Pfeifer, M., V. Lefebvre, C.A. Peres, C. Banks-Leite, O.R. Wearn, C.J. Marsh & R.M. Ewers. 2017. Creation of forest edges has a global impact on forest vertebrates. *Nature* 551:187-191.
- Pulsford, S.A., D.B. Lindenmayer & D.A. Driscoll. 2017. Reptiles and frogs conform to multiple conceptual landscape models in an agricultural landscape. *Diversity and Distributions* 23:1408-1422.
- Ries, L., Jr. R.J. Fletcher, J. Battin & T.D. Sisk. 2004. Ecological responses to habitat edges: mechanisms, models, and variability explained. *Annual Review of Ecology and Systematics* 35:491-522.
- Roach, N.S., N. Urbina-Cardona & T.E. Lacher Jr. 2020. Land cover drives amphibian diversity across steep elevational gradients in an isolated neotropical mountain range: implications for community conservation. *Global Ecology and Conservation* 22:e00968.
- Román-Palacios, C., S. Fernández-Garzón, M. Hernández, J. Ishida-Castañeda, J.J. Gallo-Franco, W. Bolívar-García & A. Giraldo. 2016. Uso de microhábitat por anuros en un fragmento de bosque seco intervenido del Magdalena Medio, Guarinocito, Caldas. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural* 20:181-196.
- Sánchez-Azofeifa, G.A., M. Kalacska, M. Quesada, J.C. Calvo-Alvarado, J.M. Nassar & J.P. Rodríguez. 2005. Need for integrated research for a sustainable future in tropical dry forests. *Conservation Biology* 19:285-286.
- Santos-Barrera, G. & J.N. Urbina-Cardona. 2011. The role of the matrix-edge dynamics of amphibian conservation in tropical montane fragmented landscapes. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:679-687.
- Scheffers, B.R., D.P. Edwards, A. Diesmos, S.E. Williams & T.A. Evans. 2014. Microhabitats reduce animal's exposure to climate extremes. *Global Change Biology* 20:495-503.
- Schlaepfer, M.A. & T.A. Gavin. 2001. Edge effects on lizards and frogs in tropical forest fragments. *Conservation Biology* 15:1079-1090.
- Schneider-Maunoury, L., V. Lefebvre, R.M. Ewers, G.F. Medina-Rangel, C.A. Peres, E. Somarriba & M. Pfeifer 2016. Abundance signals of amphibians and reptiles indicate strong edge effects in Neotropical fragmented forest landscapes. *Biological Conservation* 200:207-215.
- Scriven, S.A., G.R. Gillespie, S. Laimun, & B. Goossens. 2018. Edge effects of oil palm plantations on tropical anuran communities in Borneo. *Biological Conservation* 220:37-49.



- Semlitsch, R.D. 2002. Critical elements for biologically based recovery plans of aquatic-breeding amphibians. *Conservation Biology* 16:619-629.
- Sheridan, J.A. 2009. Reproductive variation corresponding to breeding season length in three tropical frog species. *Journal of Tropical Ecology* 25:583-592.
- Simon, M.N., P.L. Ribeiro & C.A. Navas 2015. Upper thermal tolerance plasticity in tropical amphibian species from contrasting habitats: implications for warming impact prediction. *Journal of Thermal Biology* 48:36-44.
- Stroud, J.T., M.R. Bush, M.C. Ladd, R.J. Nowicki, A.A. Shantz & J. Sweatman. 2015. Is a community still a community? Reviewing definitions of key terms in community ecology. *Ecology and Evolution* 5:4757-4765.
- Suazo-Ortuño, I., J. Alvarado-Díaz & M. Martínez-Ramos. 2008. Effects of conversion of dry tropical forest to agricultural mosaic on herpetofaunal assemblages. *Conservation Biology* 22:362-374.
- Tocher, M.D., Gascon, Claude & J. Meyer. 2001. Community composition and breeding success of Amazonian frogs in continuous forest and matrix habitat aquatic sites. Pp. 235-247. En Bierregaard, R.O., C. Gascon, T.E. Lovejoy & Mesquita, R. (Eds.), *Lessons from Amazonia: The Ecology and Conservation of a Fragmented Forest*. Yale University Press.
- Tscharntke, T., J.M. Tylianakis, T.A. Rand, R.K. Didham, L. Fahrig, P. Batáry & C. Westphal. 2012. Landscape moderation of biodiversity patterns and processes-eight hypotheses. *Biological Reviews* 87:661-685.
- Urbina, J.N. & M.C. Londoño. 2003. Distribución de la comunidad de herpetofauna asociada a cuatro áreas con diferente grado de perturbación en la Isla Gorgona, Pacífico colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 27:105-114.
- Urbina-Cardona, J.N., M. Olivares-Pérez & V.H. Reynoso. 2006. Herpetofauna diversity and microenvironment correlates across a pasture edge interior ecotone in tropical rainforest fragments in the Los Tuxtlas Biosphere Reserve of Veracruz, Mexico. *Biological Conservation* 132:61-75.
- Urbina-Cardona, J.N., C.A. Navas, I. González, M.J. Gómez-Martínez, J. Llano-Mejía, G.F. Medina-Rangel & A. Blanco. 2014. Determinantes de la distribución de los anfibios en el bosque seco tropical de Colombia: herramientas para su conservación. Pp. 163-189. En Pizano, C. & H. García (Eds.), *El Bosque Seco Tropical en Colombia: Biodiversidad Asociada al Bosque Seco*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá D.C., Colombia.
- Urbina-Cardona, J.N., E.A. Bernal, N. Giraldo-Echeverry & A. Echeverry-Alcendra. 2015. El monitoreo de herpetofauna en los procesos de restauración ecológica: indicadores y métodos. Pp. 134-147. En Aguilar-Garavito M. & W. Ramírez (Eds.), *Monitoreo a Procesos de Restauración Ecológica, Aplicado a Ecosistemas Terrestres*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá D.C., Colombia..
- Vargas-Salinas, F., J.A. Muñoz-Avila & M.E. Morales-Puentes (Eds.). 2019. *Biología de los Anfibios y Reptiles en el Bosque Seco Tropical del Norte de Colombia*. Tunja: Editorial UPTC.
- Watling, J.I. & L. Braga. 2015. Desiccation resistance explains amphibian distributions in a fragmented tropical forest landscape. *Landscape Ecology* 30:1449-1459.
- Zabala-Forero, F. & N. Urbina-Cardona. 2021. Respuestas de la diversidad taxonómica y funcional a la transformación del paisaje: relación de los ensamblajes de anfibios con cambios en el uso y cobertura del suelo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 92:e923443.



FIRST RECORD OF ANOPHTHALMIA IN THE EMERALD TREE BOA (*CORALLUS BATESII*)

PRIMER REGISTRO DE ANOFTALMIA EN LA BOA ESMERALDA (*CORALLUS BATESII*)

G. Milagros Reyes-Lizarraga^{1,2*}, Jackeline A. Mendoza-Soto^{1,3}, Luis Echevarria-Macassi^{1,4} & Joseph L. Oakley¹

¹Crees Foundation for Manu, Manu Learning Centre, Fundo Mascoitania S/N, Manu, Madre de Dios, Perú. <https://orcid.org/0009-0002-3320-4598>

²Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Calle Germán Amezaga N° 375, Lima, Perú

³Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Av. La Molina S/N, Lima, Perú. <https://orcid.org/0009-0000-7445-6682>

⁴Professional Academic School of Environmental Engineering, Universidad Continental, Huancayo, 12001 Perú. <https://orcid.org/0000-0002-2349-0001>

[OOOI](mailto:gmlagrosreyes@gmail.com)

*Correspondence: gmlagrosreyes@gmail.com

Received: 2023-09-04. **Accepted:** 2024-01-20. **Published:** 2024-03-14.

Editor: Teddy Angarita Sierra, Colombia.

Resumen.— Reportamos el primer registro de anoftalmia en *Corallus batesii*, dentro de un bosque en regeneración en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional del Manu, Madre de Dios, Perú. Las malformaciones congénitas como la anoftalmia suelen ser inducidas durante el desarrollo embrionario como resultado de mutaciones genéticas, condiciones de temperatura inadecuadas, deficiencias nutricionales y exposición a contaminantes.

Palabras clave.— Anomalía morfológica, anormalidad, Parque Nacional del Manu, Perú, serpiente ovovivípara.

Abstract.— We report the first record of anophthalmia in *Corallus batesii*, within a regenerating forest in the buffer zone of the Manu National Park, Madre de Dios, Peru. Congenital malformations such as anophthalmia are usually induced during embryonic development as a result of genetic mutations, unsuitable temperature conditions, nutritional deficiencies, and exposure to contaminants.

Key words.— Abnormality, Manu National Park, morphological anomaly, ovoviviparous snake, Peru.

Congenital malformations in reptiles are poorly studied, but it is understood that these abnormalities are usually induced during the early embryonic development period, due to genetic mutations, unsuitable temperature conditions during gestation or incubation, nutritional deficiencies, and toxin exposure to the embryo (Sabater & Perez, 2013). There are several types of ocular malformations that occur in reptiles, including anophthalmia, microphthalmia, cystic globe, cyclopia/synophthalmia, coloboma, and aphakia. Anophthalmia, either unilateral or bilateral, is defined as the congenital total absence of ocular tissue and results from a failure of the primary optic vesicle to develop or from a complete regression of the optic vesicle (Bayón et al., 1999; Jablonski & Mikulíček, 2015).

Corallus batesii (Emerald Tree Boa) is an ovoviviparous snake species in the family Boidae that is distributed throughout most of the Amazon region (Henderson et al., 2009). Here we report a case of unilateral anophthalmia in *C. batesii*.

On 20 October 2022 at 19:10 h, we encountered an adult *C. batesii* at the Manu Learning Centre (12.78917° S, 71.39111° W, WGS 84, 460 m a.s.l.), a biological station operated by Crees Foundation for Manu, situated in the buffer zone of the Manu National Park, within the Madre de Dios region, Peru. The Manu Learning Centre is located within a 643 ha area of strictly-protected secondary tropical rainforest, although traditional agricultural activities are practised in the surrounding area. Initially spotted moving across grass and a gravel path in an open area surrounding the station during light rain, the *C. batesii* was captured for data collection and measurements as part of a long-term herpetofaunal monitoring programme. The individual had a snout-vent length of 930 mm, tail length of 160 mm and weighed 445 g. When captured, we noticed that the left eye of the snake was absent, while the right eye was normally developed (Fig. 1). Upon closer inspection, it appeared to be a congenital malformation, since the site where the eye would usually be found was covered in normally pigmented scales, and there was



Figura 1. A) Vista frontal de un adulto de *Corallus batesii* con caso de anoftalmia unilateral. B) Vista lateral del lado izquierdo de la cabeza con un ojo ausente. Fotos: Joseph L. Oakley.
Figure 1. A) Frontal view of an adult *Corallus batesii* with a case of unilateral anophthalmia. B) Lateral view of the left side of the head with an absent eye. Photos: Joseph L. Oakley.

no evidence of injury to the area. Therefore, we suggest that it is a case of unilateral anophthalmia. While handling the snake, its restricted field of vision noticeably affected its defensive reactions. Upon detecting observers' movement on the left side of its head, it coiled into an S-coil and tried to bite. However, movements on the right side, even with the handler's hand nearby, elicited no noticeable response.

Many species of boas, including *C. batesii*, have labial pits – heat-sensing organs used to detect the heat signatures of prey (Goris, 2011). An experiment by Noble & Schmidt (1937) on *C. hortulanus* determined that in the absence of vision, labial pits become the primary sensory mechanism directing attacks towards endothermic prey, and that the temperature of an approaching prey item elicits a strike. Nevertheless, our observation indicates that in the case of this individual, it appeared to rely more on the vision of its existing eye than its thermoreceptors on the side where the eye was absent.

There are documented instances of ocular abnormalities in other ovoviviparous snakes, including members of the families Boidae and Viperidae (Sabater & Perez, 2013; Čubrić & Crnobrnja-Isailović, 2017; Seixas et al., 2020; Rocha et al., 2023).

As far as we are aware, ours is the first record of an ocular malformation in *C. batesii*. Overall, research is lacking on ocular malformations in reptiles. Further study is needed to understand the causes of abnormalities, in order to identify whether conservation efforts are necessary to reduce the frequency of occurrences caused by anthropogenic factors. Finally, the implications of ocular malformations in reptiles require further research to understand the impact on their life history and behaviour, including development, survivability, feeding and reproduction.

Acknowledgements.– 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 Station. We also thank Edgar L. Marquina-Montesinos for providing helpful suggestions that improved this manuscript.

CITED LITERATURE

- Bayón, A., N.J. Brotóns, A. Albert & J. Talavera. 1999. Patología ocular en reptiles. *Avepa* 19:227-242
- Čubrić, T. & J. Crnobrnja-Isailović. 2017. Malformation of eye pupil in nose-horned viper (*Vipera ammodytes*) from a wild population. *Herpetology Notes* 10:229-231.
- Goris, R.C. 2011. Infrared organs of snakes: an integral part of vision. *Journal of Herpetology* 45:2-14.
- Henderson, R.W., P. Passos & D. Feitosa. 2009. Geographic Variation in the Emerald Treeboa, *Corallus caninus* (Squamata: Boidae). *Copeia* 2009:572-582.
- Jablonski, D. & P. Mikulíček. 2015. Presumptive unilateral anophthalmia recorded in *Coronella austriaca* Laurenti, 1768. *Herpetology Notes* 8:459-460.
- Noble, G.K. & A. Schmidt. 1937. The structure and function of the facial and labial pits of snakes. *American Philosophical Society* 77:263-288.
- Rocha, A.M., A.A. Camacho, I.B. de Oliveira, M.S.M. de Almeida, B.J.L. de Almeida & P.F. Viana. 2023. Congenital malformation of the eye in the Amazonian Lancehead, *Bothrops atrox* (Linnaeus, 1758). *Herpetology Notes* 16:183-185.
- Sabater, M. & M. Pérez. 2013. Congenital ocular and adnexal disorders in reptiles. *Veterinary Ophthalmology* 16:47-55.
- Seixas, F., F. Morinha, C. Luis, N. Alvura & M. dos Anjos Pires. 2020. DNA-validated parthenogenesis: First case in a captive Cuban boa (*Chilabothrus angulifer*). *Salamandra* 56:83-86.



NOTES ON THE DIET OF THE GROUD SNAKES *PLIOCERCUS EURYZONUS* AND *UROTHECA GUENTHERI* (SQUAMATA: DIPSADIDAE) FROM COSTA RICA

NOTAS DE ALIMENTACIÓN EN SERPIENTES DE TIERRA *PLIOCERCUS EURYZONUS* Y *UROTHECA GUENTHERI* (SQUAMATA: DIPSADIDAE) DE COSTA RICA

Juan G. Abarca^{1-4*}, Donald V. Soto², Claudia Gómez-Campos³, Matthew J. O'Donnell^{5,6} & Naiara Guimaraes Sales⁶

¹Costa Rica Wildlife Foundation, San José, Costa Rica

²Tapir Valley Nature Reserve, Bijagua, Upala, Alajuela, Costa Rica.

³Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

⁴Unidad de Microbiología Médico Veterinaria, Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA), Heredia, Costa Rica.

⁵Manchester Museum, The University of Manchester, Manchester, UK.

⁶School of Science, Engineering and Environment, The University of Salford, Salford, UK.

*Correspondence: barcazajuan@gmail.com

Received: 2024-02-09. Accepted: 2024-02-18. Published: 2024-03-21.

Editor: Vivian Patricia Páez, Colombia.

Resumen.– Reportamos observaciones de la dieta de dos especies de serpientes terrestres: *Pliocercus euryzonus* fue observada alimentándose de una masa de huevos, probablemente de *Agalychnis callidryas*, por su parte *Urotheca guentheri* fue observada alimentándose de la serpiente *Ninia maculata*. Estos ítems alimenticios no habían sido reportados para ninguna de estas serpientes, por lo que representan un aporte importante para la historia natural de estas dos especies.

Palabras clave.– Comportamiento alimenticio, depredación, serpientes de cola de cristal, oofagia, ofiofagia.

Abstract.– We report observations of the diet of two species of terrestrial snakes: *Pliocercus euryzonus* was observed feeding on an egg mass, probably from of *Agalychnis callidryas*, while *Urotheca guentheri* was observed feeding on the snake *Ninia maculata*. These dietary items had not been reported for these snakes, so they represent an important contribution to the natural history of these two species.

Key words.– Feeding behavior, glass-tailed snakes, oophagy, ophiophagy, predation.

Snakes of the genus *Urotheca*, known as Grown snakes or Glass-tailed Snake are a medium size species (60-85 cm), uncommon terrestrial, diurnal, or nocturnal, that usually hunt on the forest floor or in leaf litter (Leenders, 2019). Due to this behavior some species are infrequently observed, and their natural history is scarce or unknown. In Costa Rica, five species of the genus *Urotheca* (*U. decipiens*, *U. fulviceps*, *U. guentheri*, *U. myersi* and *U. pachyura*) have been reported (Savage, 2002). *Pliocercus euryzonus* is also used as *U. euryzona*, so the taxonomic placement of this species has long been controversial (Leenders, 2019). Beyond taxonomic problems, the natural history of this group of species still has many gaps, and mainly feeding.

Reports of the *Pliocercus euryzonus* diet is based on frogs and possibly salamanders and for *Urotheca guentheri* has been reported to feed on small frogs and possibly lizards and tadpoles (Savage, 2002; Leenders, 2019; Solórzano, 2022). In this note we describe some observations of the diet of the latest two species in the lowlands of Costa Rica.

Black Halloween Snake, *Pliocercus euryzonus* is distributed from Guatemala to Ecuador, from near sea level to 1,500 m a.s.l. (Savage, 2002). This is a medium long-tailed terrestrial coral mimic snake, relatively common and found in forest interiors, in shaded understory habitat, or at dawn or dusk in more open

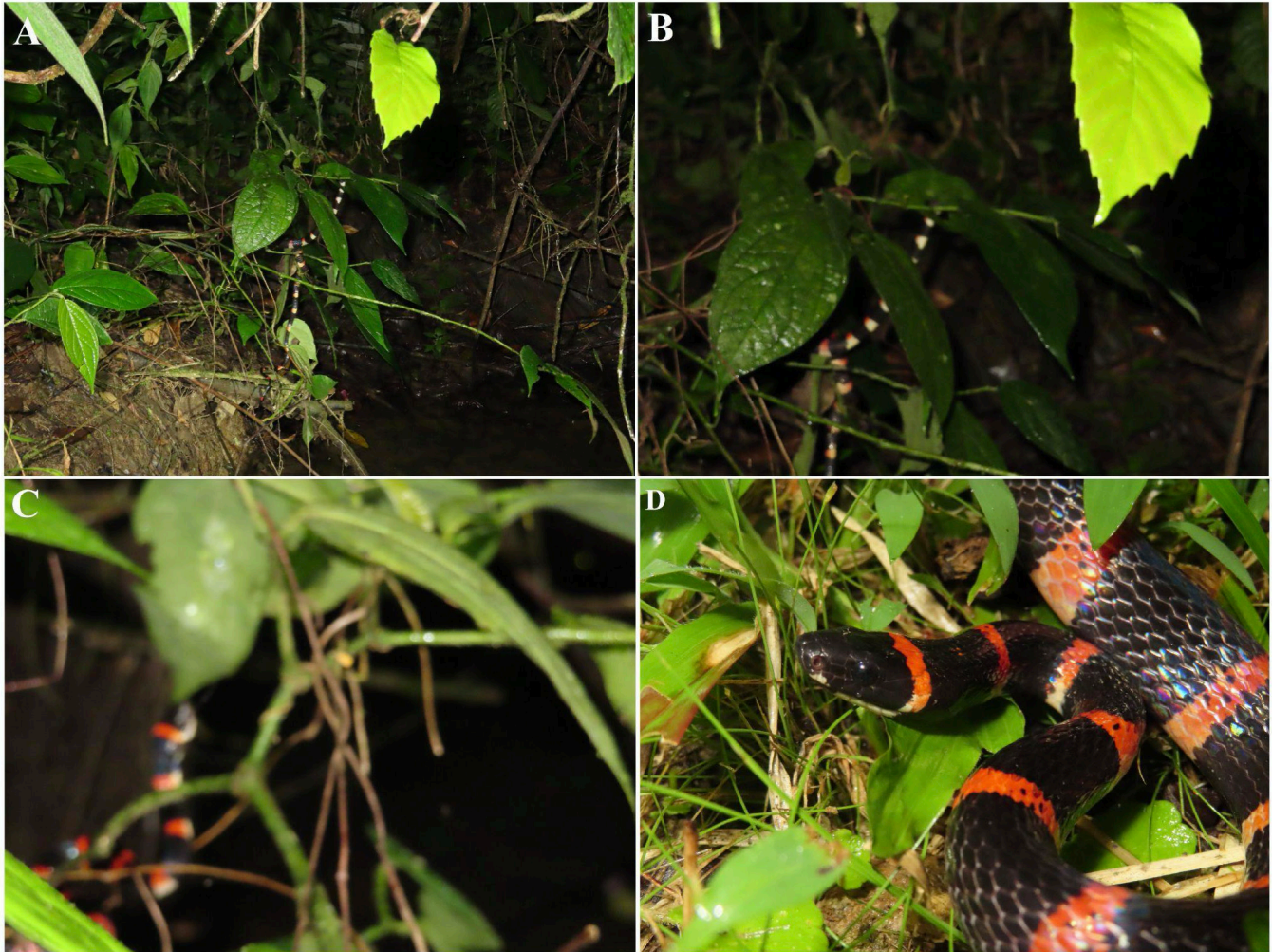


Figura 1. *Pliocercus euryzonus* alimentándose de una masa de huevos de rana, probablemente de la rana de ojos rojos *Agalychnis callidryas*. (A-C). D) El mismo ejemplar de *P. euryzonus* momentos después de alimentarse de la masa de huevos. Foto: Juan G. Abarca.

Figure 1. *Pliocercus euryzonus* feeding on a mass of frog eggs, probably the red-eyed frog *Agalychnis callidryas* (A-C). D) The same specimen of *P. euryzonus* moments after feeding on the egg mass. Photo: Juan G. Abarca.

settings along trails and in forest clearings in wet forest types and is associated with forest streams (Leenders, 2019).

On 18 August 2023, at 21:45 h, we encountered an adult *P. euryzonus* feeding on a fresh clutch of amphibian eggs, the egg laying probably belonged to *Agalychnis callidryas*, because we observed abundant amplexant pairs and oviposition of that species around the pond. The egg mass was in the vegetation above a small lagoon, at the edge of the forest, at the site known as El Ceibo, within the Braulio Carrillo National Park, in San Ramón de la Virgen de Sarapiquí Heredia, Costa Rica (10.327° N, 84.078° W, 526 m a.s.l.). The snake was on low branches, at the edge of the lagoon, and eating the egg mass with its head in a

vertical position. Although we were able to observe this behavior from afar, a good photo of the process could not be taken, due to the awkwardness of the location, it was later found that the remains of the gelatinous mass that covered the eggs remained on the leaf (Figs. 1a and 1c).

Gunther's Ground Snake *Urotheca guentheri* is distributed from Honduras to western Panama, from sea level to 1,800 m a.s.l. (Solórzano, 2022). This small snake, brown with longitudinal white lines, is uncommon and usually prefers little disturbed forest habitats, in humid and rainy forests (Savage, 2002; Leenders, 2023). On Apr 20, 2021, at 16:18 h, we observed and photographed an adult of *U. guentheri*, feeding on a Spotted



Figura 2. Depredación y proceso de ingesta de *Urotheca guentheri* en una culebra cafetalera *Ninia maculata*. Foto: Henry Brenes González.

Figure 2. Predation and ingestion process of *Urotheca guentheri* in a coffee snake *Ninia maculata*. Photo: Henry Brenes González.

Coffee Snake *Ninia maculata*, in the Tapir Valley Private Reserve, Bijagua, Upala, Alajuela, Costa Rica (10.715° N, 85.011° W, 756 m a.s.l.). At the time of observation, the snake was found in a cavity on the ground, where it had captured its prey and began to eat it from the back of the body (Fig. 2), the process lasted approximately 50 minutes until it finally devoured it and moved away.

The diet of snakes can be very varied and, in many cases, opportunistic (Vindas & Abarca, 2014). Feeding on frog eggs, is a very well documented behavior in several genera of neotropical snakes, including *Leptodeira*, *Sibon*, *Dipsas*, *Imantodes* and *Leptophis* (Baboolal, 2011; Lewis et al., 2013; Carbajal-Márquez et

al., 2022; Solórzano, 2022; Díaz-García et al., 2023). However, for *Pliocercus euryzonus* it had not been considered as a food item. The abundance of frog eggs laid in tropical forest lagoons may represent a very important food resource for this and other species of snakes that frequent these lagoons.

For its part, ophiophagy in snakes is also a well-known behavior in species of the genera *Clelia*, *Erytrollampurs*, *Drymobius*, *Micrurus*, and *Bothrops* (Solórzano, 2022). However, for small snakes of the *Urotheca* group it may be an uncommon item and reduced to smaller species, such as snakes of the genus *Ninia*. The presence of the above items in the diet of these snakes, which are normally considered predators of frogs (Solórzano,

2022; Leenders, 2023), suggests that these species have a broader range of prey.

It has been suggested that decreases in amphibians may be associated with a reduction in snake populations or changes in their diet, mainly in high areas (Abarca, 2020). However, in the areas where we made the observations, no significant declines have been reported and the abundance of frogs is still extremely high. Therefore, studies on snake diets and improving dietary reports can help us better understand the dynamics of faunal communities in the tropics.

Acknowledgments.- We thank the officials of the Braulio Carrillo National Park, in the Ceibo sector, for access to the park as part of the amphibian and reptile research (SINAC-ACC-PI-re-069-2023). We also thank Henry Brenes González for providing us the photos of the *Urotheca guentheri* observation. We thank Carolina Esquivel Dobles, from the Tropical Biology Laboratory of the National University, for her support in the completion of the thesis that includes the present observations

CITED LITERATURE

- Abarca, J.G. 2020. Notes of diet in highland snakes *Rhadinaea calligaster* and *Rhadinella godmani* (Squamata: Dipsadidae) from Costa Rica. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 3:98-101.
- Baboolal, L.A. 2011. The Online Guide to the Animals of Trinidad and Tobago. https://sta.uwi.edu/fst/lifesciences/sites/default/files/lifesciences/documents/ogatt/Leptophis_ahaetulla%20-%20Parrot%20Snake%20or%20Lora.pdf. The University of the West Indies. St. Augustine, Trinidad and Tobago. [Consulted in 27 January 2024]
- Carbajal-Márquez, R.A., J.J. Sigala-Rodríguez & L. Fernández-Badillo. 2022. *Leptodeira polysticta* (Small-spotted Cat-eyed Snake) Diet. *Herpetological Review* 53:202.
- Díaz-García, J.M., V. Vásquez-Cruz, A. Sandoval-Comte, J. Ramos-Luna & A. Kelly-Hernández. 2023. Depredación de huevos de la rana de cristal norteña *Hyalinobatrachium viridissimum* por la culebra-cordelilla chata *Imantodes cenchoa* en un bosque de niebla de Veracruz, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6149-153.
- Leenders, T. 2019. *Reptiles of Costa Rica: A Field Guide*, 1st edition. Ithaca, London, Cornell University Press.
- Leenders, T. 2023. *Pocket Guide to the Amphibians and Reptiles of Costa Rica*. Cornell University Press. Ithaca, New York, USA.
- Lewis, T.R., R. Griffin, P.B.C. Grant, A. Figueroa, J.M. Ray, K.E. Graham & G. David. 2013. Morphology and ecology of Sibon snakes (Squamata: Dipsadidae) from two forests in Central America. *Phyllomedusa* 12:47-55.
- 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.
- Solórzano, A. 2022. *Snakes of Costa Rica: Distribution, Taxonomy, and Natural history*. 2nd Edition. Editorial Lil. San José, Costa Rica.
- Vindas, J.C. & J.G. Abarca. 2014. *Leptodeira rhombifera*. Diet. *Mesoamerican Herpetology* 1:288-289. Savage, J.M. 2002. *Amphibians and Reptiles of Costa Rica: A Herpetofauna Between Two Continents between Two Seas*. Chicago, London, the University of Chicago Press. USA.



FAILED PREDATION OF A NEWBORN CALF BY THE CENTRAL AMERICAN COMMON BOA (*BOA IMPERATOR*: SERPENTES: BOIDAE) IN COSTA RICA

INTENTO DE DEPREDACIÓN DE UN TERNERO RECIÉN NACIDO POR UNA BOA COMÚN CENTROAMERICANA (*BOA IMPERATOR*: SERPENTES: BOIDAE) EN COSTA RICA

Alejandro Solórzano^{1*} & Mahmood Sasa^{1,2}

¹Museo 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.

²Instituto Clodomiro Picado y Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

*Correspondence: solorzano29@gmail.com

Received: 2024-01-10. Accepted: 2024-02-28. Published: 2024-03-21.

Editor: Ernesto raya-García, México.

Resumen.– Se presenta un intento de depredación fallida de una Boa común centroamericana adulta (*Boa imperator*) sobre un ternero de un día de nacido. La serpiente logró matar al ternero pero no consiguió tragarlo al no poder superar el ancho de la cabeza del bovino. Después de varios minutos desistió y se retiró a pocos metros del sitio donde permaneció con signos evidentes de agotamiento. Estos errores de cálculo en la depredación no son raros en las serpientes, y aunque usualmente logran liberarse de la presa, en ocasiones no pueden y mueren por agotamiento u otras circunstancias.

Palabras clave.– Reptilia, Serpentes, interacción presa-depredador, dieta, comportamiento alimenticio.

Abstract.– A failed predation attempt by an adult Central American Common Boa (*Boa imperator*) on a one-day-old calf is presented. The snake managed to kill the calf but was unable to swallow it as it could not overcome the width of the bovine's head. After several minutes he gave up and retired a few meters from the place where he remained with obvious signs of exhaustion. These miscalculations in predation are not uncommon in snakes, and although they usually manage to free themselves from prey, sometimes they cannot and die from exhaustion or other circumstances.

Key words.– Reptilia, Serpentes, predator-prey relationships, diet, feeding behavior.

Central American Common Boa (*Boa imperator*) ranges from Mexico to Panama and the island of San Andrés in Colombia (Boundy, 2020). In Costa Rica, it is found in rain and dry forests along both slopes and the Central Valley, from sea level to 1650 m elevation (Savage, 2002; Sasa et al., 2010; Solórzano, 2022). It is a large snake, reaching a known maximum length of 5 m, although specimens larger than 3.80 m have not been recorded in Costa Rica, where the usual average size of adults is 2-2.50 m. Usually hides or move among the ground vegetation, on bushes or trees at low heights, or passively sunning itself in varied places. It can also be found in houses, and warehouses, where it will rest or hunt domestic and farm animals (Solórzano, 2004, 2022). To our knowledge, there is no previous record of an attempt to capture a calf by this boid species. Their diet consists of a wide variety of small and medium-sized mammals, including rats, agoutis,

coatis, raccoons, opossums, monkeys, squirrels, bats, felines, anteaters (tamanduas), and even young deer, as well as various species of birds and lizards (green and black iguanas among others), and domestic animals such as dogs, cats and poultry (Savage, 2002, Solórzano, 2022), but there are not officially recorded cases of calves in their diet.

At approximately 7 a.m. on June 16, 2022, an agricultural worker on a cattle farm in Santa Clara de San Carlos, Alajuela province (10.35871° N, 84.51474° W; Datum WGS84, 113 m a.s.l.), found a Central American Common Boa, ca. 3 m total length, coiled around the neck of a one-day-old calf nearing death. A newborn calf has an approximate average weight of 35-40 kg (Nugent et al., 1991). The worker observed the event for about 30 minutes as the snake began to swallow the calf head first (Fig.

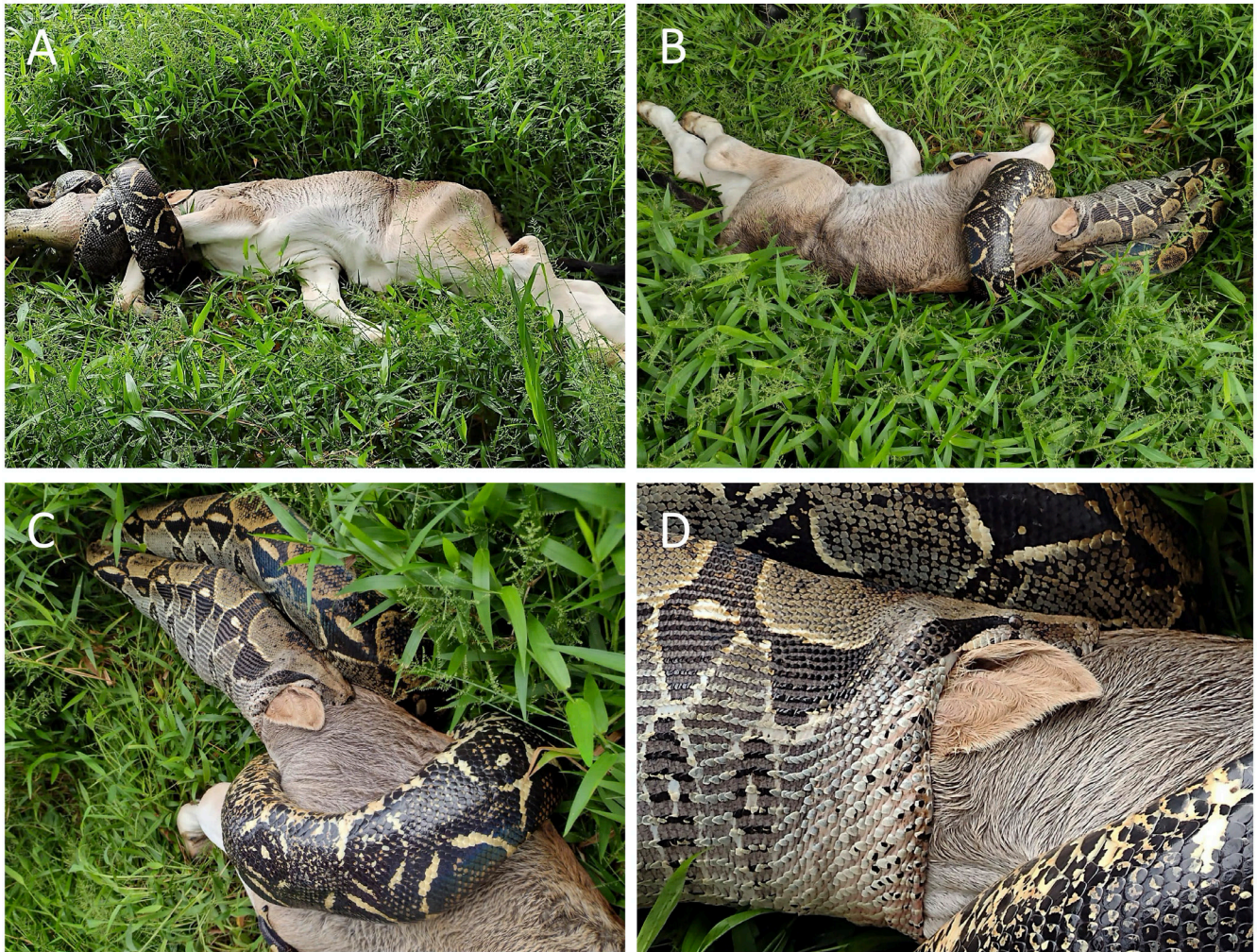


Figura 1. Boa común centroamericana (*Boa imperator*) de 3m de longitud total, intentando tragar un ternero recién nacido capturado en una finca ganadera en Santa Clara de San Carlos, provincia de Alajuela. A.-Se observa la serpiente enrollada sobre el cuello del ternero ejerciendo constricción, B, C) La serpiente empezando a tragar el ternero por la cabeza. D) Detalle del estiramiento de la piel del cuello y apertura de la mandíbula de la cabeza de la serpiente, tratando de pasar la cabeza del ternero, que al final no logró conseguir. Fotos: José Antonio Nuñez Alpizar.

Figure 1. Central American Common Boa (*Boa imperator*) from 3 m in total length, trying swallowing a newborn calf that captured on a cattle farm in Santa Clara, San Carlos, Alajuela province. A) The snake is seen coiled around the neck of the calf, making constriction. B, C) The snake beginning to swallow the calf by the head, D) Detail of the stretching of the skin on the neck and opening of the jaw of the snake's head, trying to pass the head of the calf, which in the end it failed to achieve. Photos: José Antonio Nuñez Alpizar.

1), before giving up and scaping. Four hours later, the man returned to the site, where the calf's body was found intact. After a brief search, the snake was located about 25 m away in a resting position, with the skin on the front part of the body still stretched and the lower jaw slightly dislodged due to the failed effort made to ingest the calf. No skull dimensions were taken in any of the animals, but as can be seen in Fig. 1 C, the head of the calf is at least three times larger than that of the snake. It is likely that the snake could not swallow the calf past its head and gave

up on the attempt with no apparent harm to the snake beyond the exhaustion caused.

Failed depredations events such as this are not uncommon for gape-limited predators such as snakes. While not always fatal for the snake, there have been cases where the snake cannot free itself of its attempted meal and dies of exhaustion or is found by predators (Kornilev et al., 2023). As an example, in some cases the skin of the snake ends up giving way due to the pressure and

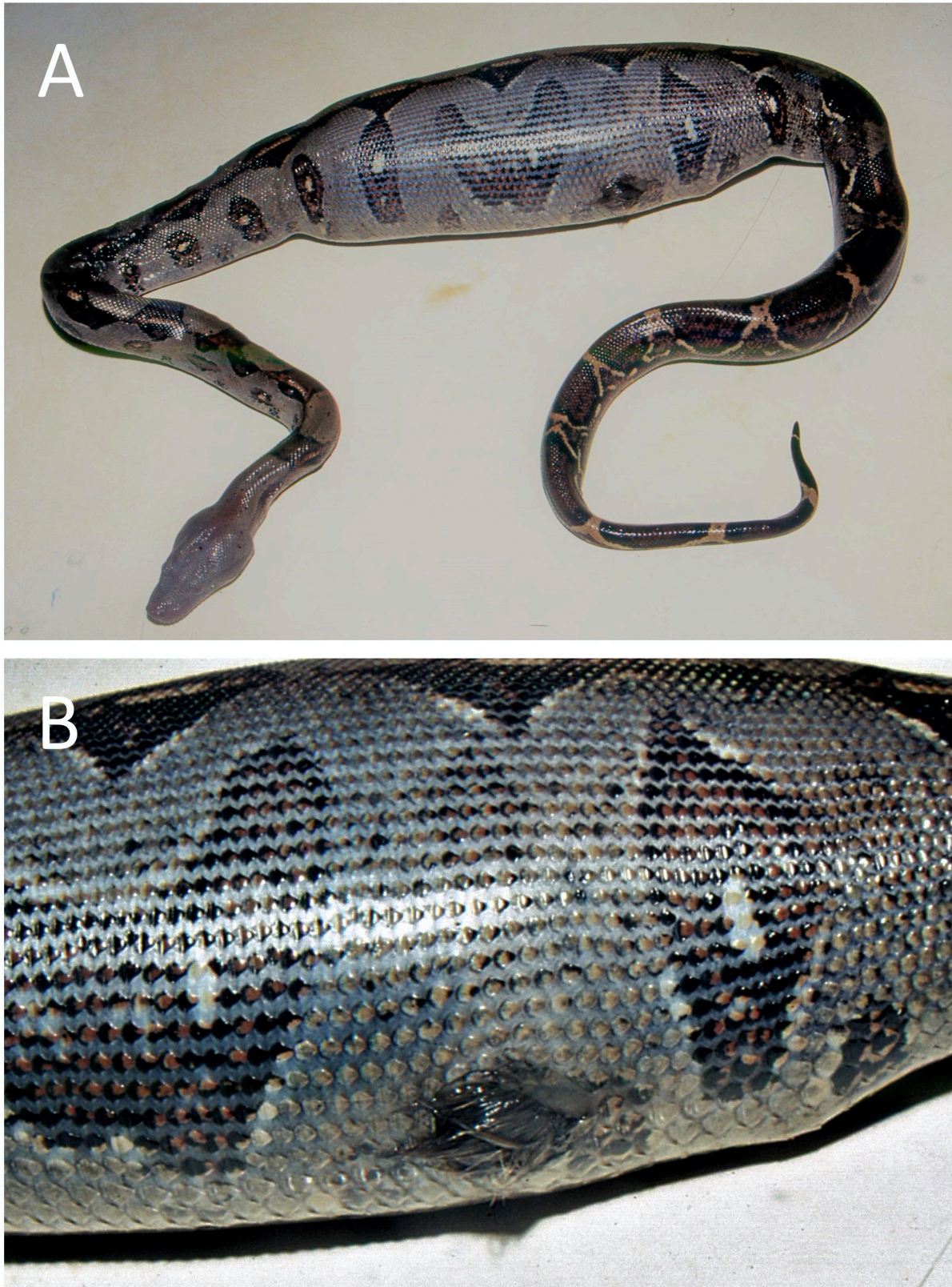


Figura 2.

Un juvenil de boa común centroamericana (*Boa imperator*) ca. 75 cm de longitud total, procedente de Parrita, provincia de Puntarenas, con una rata grande en el estómago. A) Vista general del tamaño de la presa en el cuerpo de la serpiente, B) Detalle donde se observa la piel abierta por la presión y dejando al descubierto parte de la presa. Fotos: Alejandro Solórzano.

Figure 2. A juvenil Central American Common Boa (*Boa imperator*) ca. 75 cm total length from Parrita, Puntarenas province, with a large rat in the stomach. A) General view of the size of the prey on the snake's body, B) Detail where the skin can be seen opened by the pressure and exposing part of the prey. Photos: Alejandro Solórzano.

opening, exposing part of the body of the prey, as can be seen in this juvenile *Boa imperator* ca. 75 cm in total length found by us in Parrita, Puntarenas province (9.51862° N, 84.33051° W; Datum WGS84, 9 m a.s.l.), after swallowing an adult rat (Fig. 2) and which died two days after being kept in the laboratory (unpubl. data).

A similar case was observed in the 1970s in the Santa Rosa National Park in the province of Guanacaste (10.44102° N, 85.13890° W; Datum WGS84, 6 m a.s.l.), where an adult *Boa imperator* was found dead and stuck with the antlers of an adult deer while trying to swallow it (Daniel. H. Janzen, pers. com.).

In popular culture in Latin America, a large number of myths and beliefs have been generated about the common boa, since, due to its length and body volume, it occasionally tries to consume prey that may be too big for them. It is even claimed that it is capable of eating other animals as large as an adult cow or even people, something clearly impossible (Solórzano, 2003). The jaw flexibility and skin elasticity of boas allow them to swallow prey larger in volume than their head and body (Cundall, 1987; Lillywhite, 2014; Greene & Wiseman, 2023). However, this capacity is clearly not unlimited, and can become risky for the snake (Kornilev et al., 2023) when subduing and attempting to swallow proportionally larger prey and with a weight that can represent between 75 and up to 100 percent of the same weight of the snake.

Acknowledgments.— We thank Louis W. Porras, William W. Lamar, Daniel H. Janzen, Harry W. Greene and J. Monge-Nájera for their comments and observations, and José Antonio Núñez Alpízar for the photographs.

CITED LITERATURE

- Boundy, J. 2020 [2021]. Snakes of the World: A Supplement. CRC Press, Boca Ratón, Florida, USA.
- Cundall, D. 1987. Functional Morphology. Pp:106-140. In R.A. Seigel, J.T. Collins & S.S. Novak (Eds.). Snakes: Ecology and Evolutionary Biology. New York, Macmillan. USA.
- Greene, H.W. & K.D. Wiseman. 2023. Heavy, bulky, or both: what does “large prey” mean to snakes? *Journal of Herpetology* 57: 340-366.
- Kornilev, Y.V., N.D. Natchev & H.B. Lillywhite. 2023. Perils of ingesting harmful prey by advanced snakes. *Biological Reviews* 98:263-283.
- Lillywhite, H.B. 2014. How the Snakes Work. Structure, Function and Behavior of Snakes. Oxford University Press. New York. USA.
- Nugent, R.A., D.R. Notter & W.E. Beal. 1991. Body measurements of newborn calves and relationship of calf shape to sire breeding values for birth weight and and calving ease. *Journal of Animal Science* 69:2413-2421.
- Sasa, M., G. Chaves & L.W. Porras. 2010. The Costa Rican Herpetofauna: conservation status and future perspectives. Pp: 511-604. In L.D. Wilson, J.H. Townsend & J.D. Johnson (Eds.). Conservation of Mesoamerican Amphibians and Reptiles. Eagle Mountain Publishing L.C., Utah, USA.
- Savage, J.M. 2002. Amphibians and Reptiles of Costa Rica: A Herpetofauna Between Two Continents between Two Seas. Chicago, London, the University of Chicago Press. USA.
- Solórzano, A. 2003. Creencias Populares sobre los Reptiles en Costa Rica. 2ed. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), Santo Domingo de Heredia, Costa Rica.
- Solórzano, A. 2004. Serpientes de Costa Rica: Distribución, Taxonomía e Historia Natural. Editorial Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), Santo Domingo, Heredia, Costa Rica.
- Solórzano, A. 2022. Serpientes de Costa Rica: Distribución, Taxonomía e Historia Natural. 2ed. Litografía e Imprenta LIL, Tibás, San José, Costa Rica.



CAPTURA DE LAGARTIJA DEL MEZQUITE (*SCELOPORUS GRAMMICUS*) POR ARAÑA VIUDA CAFÉ (*LACTRODECTUS GEOMETRICUS*) EN OAXACA, MÉXICO

CAPTURE OF MEZQUITE LIZARD (*SCELOPORUS GRAMMICUS*) BY BROWN WIDOW SPIDER (*LACTRODECTUS GEOMETRICUS*) IN OAXACA, MEXICO

Sadoth Vázquez Mendoza^{1*} & Nallely Martínez-Sánchez²

¹Posdoctorante CONAHCYT adscrito al Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí 78377, S.L.P., México.

²Posdoctorante CONAHCYT adscrito a El Colegio de San Luis A.C., San Luis Potosí 78294, S.L.P., México.

*Correspondencia: savazq70@hotmail.com

Received: 2024-02-22. Accepted: 2024-02-28. Published: 2024-03-21.

Editor: Norberto Martínez-Méndez, México.

Abstract.— We report the first record of a *Sceloporus grammicus* captured by a brownwidow spider (*Lactrodectus geometricus*) in Oaxaca, Mexico. This record confirms the capture of lizards by these spiders, being the first known for the genus *Sceloporus*.

Keywords.— *Sceloporus*, urban zone, widow spiders, prey.

Resumen.— Reportamos el primer registro de captura de *Sceloporus grammicus*, por parte de una araña viuda café (*Lactrodectus geometricus*) en Oaxaca, México. Con este registro se confirma la captura de lagartijas por parte de estas arañas, y es el primero para el género *Sceloporus* en particular.

Palabras Clave.— Arañas viudas, presas, *Sceloporus*, zona urbana.

Sceloporus grammicus a veces llamada lagartija espinosa del mezquite es una especie ampliamente distribuida en México, que habita en bosques templados y matorrales, así como áreas urbanas, desde el sureste de los Estados Unidos hasta Oaxaca, México (Domínguez-Godoy et al., 2020). Esta especie se encuentra catalogada como “sujeta a protección especial” conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010. Como muchas otras lagartijas su dieta se constituye principalmente de artrópodos, siendo a su vez presa de diversos animales entre los que se encuentran pequeños rapaces como el halcón cernícalo (Nahuat-Cervera & Arellano-Ciau, 2022) así como de otros reptiles, entre ellos la culebra chata (*Salvadora grahamiae lineata*) (Cruz & Suarez, 2019) y la serpiente falsa coral mexicana (*Lampropeltis polizona*) (Piñango-Bustamante et al., 2022).

Por su parte, las arañas viudas (*Lactrodectus Walckenaer*, 1805) son uno de los grupos de arañas mejor conocidos, en especial por su toxicidad (Vail et al., 1998). Entre ellas, la viuda café (*L. geometricus* C.L.Koch, 1836), una especie de origen surafricano, pero que actualmente se distribuye en casi todo el planeta, por

lo que se puede considerar una especie invasora para México (Brown et al., 2008). La viuda café presenta neurotoxinas capaces de matar a presas de varias veces su tamaño, infligir daños a humanos y en casos extremos, puede provocar la muerte, especialmente de niños (Reyes-Lugo et al., 2009; Brown et al., 2008).

De manera natural, la disponibilidad de sitios adecuados para la colocación de sus redes y la capacidad de soporte de las mismas, incrementan la captura de presas y la sobrevivencia de la araña (Cortes Figueira y Vasconcellos-Neto, 1993). Las redes típicas de esta especie son de tamaño pequeño y forma irregular, por lo que sus presas más comunes son insectos, principalmente escarabajos, sin embargo, sus presas pueden ser tan grandes como cigarras o escorpiones (Vail et al, 1998; Cortes Figueira & Vasconcellos-Neto, 1993). Estas arañas pueden soportar periodos de abstinencia, que compensan con la captura de presas de mayor tamaño, aprovechando la energía adicional para la reproducción (Cortes Figueira & Vasconcellos-Neto, 1993).



Figure 1. A mezcquite lizard (*Sceloporus grammicus*) trapped in a Brown Widow Spider (*Lactrodectus geometricus*) web, in a home in Oaxaca, Mexico. Photo: Sadoth Vázquez Mendoza.

Figura 1. Lagartija del mezquite (*Sceloporus grammicus*) atrapada en una telaraña de una araña viuda café (*Lactrodectus geometricus*), en una casa en Oaxaca, México. Foto: Sadoth Vázquez Mendoza.

El 4 de abril de 2010, se registró un espécimen de *S. grammicus*, de aproximadamente 8 cm de longitud, muerto y enredado en una telaraña perteneciente a una hembra de viuda café (*Lactrodectus geometricus*) (Fig. 1). La telaraña se ubicaba en el patio de una casa en la zona urbana de la ciudad de Oaxaca (17° 02' 35" N, 96° 42' 29" W, 1,530 m.s.n.m.), municipio de Oaxaca de Juárez, México.

Si bien existen reportes de captura de pequeños vertebrados por arañas del género *Latrodectus*, en especial por la viuda café, de la cual se sabe ha capturado presas tales como pequeños roedores y culebras de pequeño tamaño (Géneros: *Tantilla*, *Indotyphlops*, *Cemophora*), así como algunos geckos (Géneros: *Hemidactylus*, *Lygodactylus*) (De Luna et al., 2020; Van Blerk et al., 2021), este es

el primer reporte de captura de lagartijas del género *Sceloporus* por esta especie para México y para Latinoamérica.

El comportamiento observado permite entender mejor la flexibilidad y adaptación de la araña a la disponibilidad de presas, lo cual le permite expandir su área de distribución fácilmente, en especial en su adecuación a los ambientes urbanos. Es importante señalar que, este comportamiento, de ser común, puede incidir sobre las poblaciones de las especies nativas de reptiles, en este caso de una especie bajo protección especial como lo es *S. grammicus*.

Agradecimientos.- Agradecemos al Dr. Norberto Martínez-Méndez por los comentarios aportados para la mejora de este

texto. El primer autor agradece al CONAHCYT por su apoyo a través del Programa de Becas Nacionales de Posgrado.

LITERATURA CITADA

- Brown, K.S., J.S. Necaie & J. Goddard. 2008. Additions to the known U.S. distribution of *Lactrodectus geometricus* (Araneae: Theridiidae). *Journal of Medical Entomology* 45:959-962.
- Cortes Figueira, J.E. & J. Vasconcellos-Neto. 1993. Reproductive success of *Lactrodectus geometricus* (Theridiidae) on *Paepalanthus bromelioides* (Eriocaulaceae): Rosette size, microclimate, and prey capture. *Ecotropicos* 5:1-10.
- Cruz, J.A. & N.X. Suárez. 2019. First record and diet of the Texas patch-nosed snake (*Salvadora grahamiae lineata*) in Puebla, Mexico. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 2:57-59.
- De Luna, M., M. Rodríguez & R. García Barrios. 2020. Predation on the common house gecko *Hemidactylus frenatus* Schlegel, 1836 by the brown widow spider *Lactrodectus geometricus* Koch, 1941 in Colima, México. *Herpetology Notes* 13:555-556
- Domínguez-Godoy, M.A., J.E. Gómez-Campos, R. Hudson & A.H. Díaz de la Vega-Pérez. 2020. Lower predation with increasing altitude in the Mesquite Lizard *Sceloporus grammicus*. *Western North American Naturalist* 80:441-451.
- Nahuat-Cervera, P.E. & J.I. Arellano-Ciau. 2022. Primer registro de depredación de *Sceloporus chrysostictus* (Squamata: Phrynosomatidae) por *Falco sparverius* (Aves: Falconiformes). *Revista Latinoamericana de Herpetología* 5:43-45.
- Piñango-Bustamante, J.E., O. Cid-Mora & V. Vázquez-Cruz. 2022. *Sceloporus grammicus* (Squamata: Phrynosomatidae), nueva presa en la dieta de *Lampropeltis polyzona* (Squamata: Colubridae). *Revista Latinoamericana de Herpetología* 5:9-10.
- Reyes-Lugo, M., T. Sánchez, H.J. Finol, E. Sánchez, J.A. Suárez, B. Guerrero & A. Rodríguez-Acosta. 2009. Neurotoxic activity and ultrastructural changes in muscles caused by the brown widow spider *Lactrodectus geometricus* venom. *Revista del Instituto de Medicina Tropical Sao Paulo* 51:95-101.
- Vail, K.M., C. Jones & H. Williams. 1998. The Black Widow Spider. The University of Tennessee agricultural extension service. PB1193. USA.
- Van Blerk, D., J. Mensey & J. Baxter-Gilbert. 2021. Predation by a Brown Widow Spider, *Lactrodectus geometricus* (Koch, 1841), on a Common Dwarf Gecko, *Lygodactylus capensis* (Smith, 1849), with a review of the herpetofaunal diet of *Lactrodectus* spiders. *Herpetology Notes* 14:291-296.



POSIBLE EVENTO DE DEPREDACIÓN DIURNA DE *PEROMYSCUS MELANOTIS* (CRICETIDAE) POR LA SERPIENTE DE CASCABEL OSCURA MEXICANA, *CROTALUS TRISERIATUS* (VIPERIDAE) EN EL PARQUE NACIONAL LA MALINCHE, MÉXICO

POTENTIAL DIURNAL PREDATION EVENT OF *PEROMYSCUS MELANOTIS* (CRICETIDAE) BY MEXICAN DUSKY RATTLESNAKE, *CROTALUS TRISERIATUS* (VIPERIDAE) IN LA MALINCHE NATIONAL PARK, MEXICO

Cecilia Cuatianquiz Lima^{1,2,3*}, Bibiana Montoya², Fernando Aguilar² & Aníbal H. Díaz de la Vega-Pérez⁴

¹Instituto de Investigaciones Biomédicas, Universidad Nacional Autónoma de México. Unidad periférica Tlaxcala. Av. Universidad No. 1, Colonia Xicohtécatl, Tlaxcala, México. C.P. 90070

²Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta, Estación Científica La Malinche, Universidad Autónoma de Tlaxcala. Carretera Tlaxcala- Puebla km 1.5 C.P. 90000. Tlaxcala, México.

³Instituto para la Conservación de la Cordillera Neovolcánica ante el Cambio Climático, AC. Calle Lago Atitlán No. 502-B, Colonia Nueva Oxtotitlán, Toluca, Estado de México, C.P. 50100.

⁴Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías- Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta, Universidad Autónoma de Tlaxcala. Carretera Tlaxcala- Puebla km 1.5 C.P. 90000. Tlaxcala México.

*Correspondence: largidae@yahoo.com.mx

Received: 2023-11-15. Accepted: 2024-02-20. Published: 2024-03-29.

Editor: Jorge Éufrates Morales, México.

Abstract.— We documented a potential diurnal predation event by the Mexican dusky rattlesnake (*Crotalus triseriatus*) in La Malinche National Park.

Keywords.— Daytime activity, fragmented forest, snake-mouse interaction, Trans-Mexican Volcanic Belt.

Resumen.— Documentamos un posible evento de depredación diurna por la serpiente de cascabel oscura mexicana (*Crotalus triseriatus*) en el Parque Nacional La Malinche.

Palabras Clave.— Actividad diurna, bosque fragmentado, Faja Volcánica Transmexicana, interacción serpiente-ratón.

La serpiente de cascabel oscura mexicana, *Crotalus triseriatus*, es un reptil pequeño endémico de México. Su distribución está restringida a las montañas de la Faja Volcánica Transmexicana que atraviesan el lado oeste de los estados de Veracruz, Puebla, Tlaxcala, Estado de México, Morelos, Jalisco y el extremo norte de Guerrero (Flores-Villela & Hernández-García, 1989, 2006; Campbell & Lamar, 2004; Méndez de la Cruz et al., 2018). Los machos adultos comúnmente alcanzan hasta 68 cm y las hembras son un poco más pequeñas, 64 cm (Klauber, 1997; Méndez de la Cruz et al., 2018).

Crotalus triseriatus habita en bosques de coníferas y pastizales, también se le puede encontrar en el ecotono entre zonas

modificadas por el uso agrícola y vegetación natural perturbada (Mociño-Deloya et al., 2014). Esta serpiente es conocida como un depredador generalista que se alimenta de una gran diversidad de presas como pequeños roedores (e.g., *Microtus mexicanus*, *Neotomodon alstoni*, *Peromyscus* spp), crías de mamíferos más grandes (*Sylvilagus floridanus*) y lagartijas (e.g., *Sceloporus bicantalis*, *S. scalaris*, *S. torquatus*). Presas menos comunes son serpientes de la misma especie, anfibios (*Pseudoeurycea* spp), insectos y ciempiés (Campbell & Lamar, 2004; Davis & Smith, 1953; Klauber, 1997; Mociño-Deloya & Setser, 2009; Mociño-Deloya et al., 2014, Uribe-Peña et al., 1999).



Figure 1. (A) Black-eared mouse *Peromyscus melanotis*, (B) Mexican dusky rattlesnake, *Crotalus triseriatus* in the temperate forest La Malinche National Park, Tlaxcala, México. Photos: Cecilia Cuatianquiz Lima.

Figura 1. (A) Ratón de orejas negras *Peromyscus melanotis*, (B) Serpiente de cascabel oscura mexicana *Crotalus triseriatus* en el bosque templado Parque Nacional La Malinche, Tlaxcala, México. Fotos: Cecilia Cuatianquiz Lima.

Nosotros aquí reportamos la muerte por envenenamiento (posible evento de depredación) de un individuo de ratón de orejas negras *Peromyscus melanotis* (Rodentia: Cricetidae) por *Crotalus triseriatus* (Fig. 1). Este evento ocurrió en el Parque Nacional La Malinche, Tlaxcala, México, el día 01 de junio del 2023 a las 10:25 h en una zona de bosque fragmentado de pinos jóvenes (*Pinus montezumae* y *P. pseudostrobus*; 19°17'62.9" N; 98°02'53.1" W; 2,968 m.s.n.m.) con baja presencia de sotobosque (30%) y dosel (50%) debido a la poda de árboles por infestación del gusano descortezador (*Dendroctonus* sp.). Nosotros nos paramos al pie de un árbol que tenía una caja nido la cual íbamos a revisar, ahí encontramos la serpiente y al lado un ratón muerto. El ratón se apreciaba recientemente muerto y presentaba signos de edema (Fig. 1A), característico de envenenamiento por mordedura de serpiente (Russell, 1980).

Es posible que, en el momento que llegamos, estuviese a punto de engullirlo y nuestra presencia interrumpió el proceso de depredación. Al ver la serpiente, nos alejamos para no perturbar

más la actividad que estaba realizando. A lo lejos tomamos una foto con el celular (Fig. 1B). Un día después regresamos al lugar para revisar la caja nido y no encontramos restos del ratón ni de la serpiente. El ratón de orejas negras es una especie ampliamente distribuida por las tierras altas mexicanas y algunas montañas aisladas de Arizona (Álvarez-Castañeda, 2005). Además, es una especie abundante en bosque de pino y encino, con hábitos escansoriales, es decir, utiliza tanto el suelo como el sustrato arbóreo (García-Mendoza et al., 2018). A pesar de su amplia distribución y abundancia hay pocos estudios ecológicos sobre esta especie de ratón, comparado con otras especies del mismo género (Myers et al., 2005).

Nuestro hallazgo provee información sobre la actividad diurna de *C. triseriatus* y de *P. melanotis*, ya que al menos en un radio de 5 m donde se encontró el ratón y la serpiente, no hay vegetación que pueda servir de madriguera debido al saneamiento que se ha realizado en el área. En general, se considera que la actividad de las serpientes es crepuscular o nocturna cuando muchos

roedores están activos, sin embargo, se deduce que *C. triseriatus* puede buscar su alimento durante el día cuando algunas de sus presas están activas, como los lagartijas (Mociño-Deloya et al., 2014). Concluimos que, en un bosque templado fragmentado, tanto el ratón de orejas negras (*P. melanotis*) como la serpiente (*C. triseriatus*) están activos durante el día y pueden tener interacción presa-depredador. Dando registro de *Peromyscus melanotis* como presa, actividad diurna del ratón y la serpiente en campo y reforzando la dieta generalista de la serpiente de cascabel oscura mexicana mencionada por Mociño-Deloya et al. (2014).

Agradecimientos.- Agradecemos a estudiantes de la Universidad Autónoma de Tlaxcala por su apoyo en el trabajo de campo. CCL obtuvo una beca por Animal Behavior Society 2023, la cual parcialmente apoyo las salidas de campo.

No realizamos manipulación ni colecta de las especies.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Castañeda, T. 2005. *Peromyscus melanotis*. Mammalian Species 764:1-4.
- Campbell, J.A. & W.W. Lamar. 2004. The Venomous Reptiles of the Western Hemisphere. Cornell University Press, Ithaca, USA.
- Davis, W.B. & H.M. Smith. 1953. Snakes of the Mexican state of Morelos. Herpetologica 8:133-143.
- Flores-Villela, O. & E. Hernández-García. 1989. New state records from northern Guerrero, México. Herpetological Review 20:15-16.
- Flores-Villela, O. & E. Hernández-García. 2006. Herpetofauna de la Sierra de Taxco, Guerrero-Estado de México. Pp. 266-282. En A. Ramírez-Bautista, L. Canseco-Márquez & F. Mendoza-Quijano (Eds.). Inventarios Herpetofaunísticos de México: Avances en el Conocimiento de su Biodiversidad. Publicaciones de la Sociedad Herpetológica Mexicana No. 3. Sociedad Herpetológica Mexicana, A.C. México.
- García-Mendoza, D.F., C. López-González, Y. Hortelano-Moncada, R. López-Wilchis & J. Ortega. 2018. Geographic cranial variation in *Peromyscus melanotis* is related to primary productivity. Journal of Mammalogy 9:898-905.
- Klauber, L.M. 1997. Rattlesnakes: Their Habits, Life Histories, and Influence on Mankind. 2nd Edition reprint. University of California Press, Berkeley, USA.
- Méndez de la Cruz, F.R., A.H. Díaz de la Vega Pérez, E. Centenero Alcalá & V.H. Jiménez Arcos. 2018. Anfibios y reptiles del Parque Nacional La Malinche. Universidad Autónoma de Tlaxcala, México.
- Mociño-Deloya, E. & K. Setser. 2009. *Crotalus triseriatus* (Mexican dusky rattlesnake). Cannibalism. Herpetological Review 40:441.
- Mociño-Deloya, E., K. Sester & E. Pérez-Ramos. 2014. Observations on the diet of *Crotalus triseriatus* (Mexican dusky rattlesnake). Revista Mexicana de Biodiversidad 85:1289-1291.
- Myers, P., B.L. Lundrigan & R. Vande. 2005. Climate change and the distribution of *Peromyscus* in Michigan: is global warming already having an impact. Pp. 101-126. En E. Lacey & P. Myers (Eds.). Mammalian Diversification: From Chromosomes to Phylogeography. University of California Press. USA.
- Russell, F.E. 1980. Snake venom poisoning in the United States. Annual review of medicine, 31:247-259.
- Uribe-Peña, Z., A. Ramírez-Bautista & G. Casas-Andreu. 1999. Anfibios y reptiles de las serranías del Distrito Federal, México. Cuadernos del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Núm. 32, México.



ATTEMPTED CONSUMPTION ON A WHITE-WINGED DOVE (*ZENAIDA ASIATICA*) CHICK BY A COMMON GREEN IGUANA (*IGUANA IGUANA*)

INTENTO DE CONSUMO DE UN POLLUELO DE PALOMA DE ALAS BLANCAS (*ZENAIDA ASIATICA*) POR UNA IGUANA VERDE (*IGUANA IGUANA*)

Roger Naim Carballo-Cauich^{1*} & José Rogelio Cedeño-Vázquez²

¹Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Chetumal, Av. Insurgentes No. 330, Col. David Gustavo Gutiérrez, C.P. 77013, Chetumal, Quintana Roo, México

²El Colegio De La Frontera Sur Unidad Chetumal. Departamento de Sistemática y Ecología Acuática. Av. Centenario km 5.5, 77014 Chetumal, Quintana Roo, México

*Correspondence: rnaim97@gmail.com

Received: 2023-09-21. Accepted: 2024-02-15. Published: 2024-03-29.

Editor: Irene Goyenechea Mayer-Goyenechea, México.

Resumen.— La iguana verde (*Iguana iguana*) habita selvas neotropicales desde el norte de México hacia Centroamérica y noreste de Suramérica. Se considera principalmente herbívora, sin cambios ontogenéticos en su dieta. Sin embargo, se conoce que ocasionalmente consume materia de origen animal. Aquí reportamos un intento de consumo de un polluelo de la paloma de alas blancas (*Zenaida asiatica*) por *I. iguana*. Desconocemos si el evento se trató de un intento de depredación o de un comportamiento carroñero.

Palabras clave.— Dieta, Carroña, Iguana, Zoológico, Mérida, Yucatán

Abstract.— The Common Green Iguana (*Iguana iguana*) inhabits neotropical forests from northern Mexico to Central America and northeastern South America. It is considered mainly herbivorous, with no ontogenetic changes in its diet. However, it is known that it occasionally consumes matter of animal origin. Here we report an attempted consumption of a chick of the White Pigeon (*Zenaida asiatica*) by *I. iguana*. We do not know if the event was an attempt at predation or scavenging behavior.

Key words.— Diet, Carrion, Iguana, Zoo, Mérida, Yucatán

The Common Green Iguana (*Iguana iguana*) is a large neotropical diurnal lizard with a snout-vent length up to 58 cm in adults (van den Burg et al., 2022), distributed from northern Veracruz and Sinaloa in Mexico, southward to Central America and the northeast of South America to Paraguay and southeastern Brazil, including some Caribbean islands but it has been introduced to over 20 countries around the world (Bock et al., 2022). In the Yucatán Peninsula, Mexico, *I. iguana* occurs in Tabasco, Campeche, and Quintana Roo States, and although there are records from Mérida, Yucatán, these are not considered within its natural distribution because many specimens that were kept as pets have been released elsewhere (Díaz-Gamboa et al., 2020). *Iguana iguana* is considered a mainly herbivorous species (Díaz-Gamboa et al., 2020) but there are reports on the ingestion of

invertebrates such as insects (Hirth, 1963; Savage, 2002) and snails (Towsend et al., 2005), bird eggs (Arendt, 1986; Lazell, 1973; Schwartz & Henderson, 1991), and carrion of mammals and birds (Loftin & Tyson, 1965; Anderson & Enge, 2012; Morales-Mávil & González-Solórzano, 2020). Here we report the attempted consumption of a chick of White-winged Dove (*Zenaida asiatica*) in Mexico.

On 12 May 2022 at 14:24 h we observed a free-living adult female *I. iguana* attempting to engulf a *Z. asiatica* chick in the facilities of the Parque Zoológico del Centenario, Mérida, Yucatán, Mexico (20.96947° N, 89.64013° W; WGS 84; 22 m a.s.l.). The iguana was located on the ground, next to a decapitated chick of *Z. asiatica* whose cause of death was unknown. The



Figura 1. Hembra adulta de iguana verde (*Iguana iguana*) intentando engullir el cadáver de un polluelo de paloma de alas blancas (*Zenaida asiatica*) en el Parque Zoológico del Centenario, Mérida, Yucatán, México: A) Momento en que la iguana recogió al polluelo del suelo; B) Momento en que la iguana llegó a un estanque donde intentó engullir a la presa desde la cintura escapular. Foto: Roger Naim Carballo Cauich



Figure 1. Adult female of a Common Green Iguana (*Iguana iguana*) attempting to engulf the carcass of a White-winged Dove (*Zenaida asiatica*) chick at Parque Zoológico del Centenario, Mérida, Yucatán, Mexico: A) Moment when the iguana picked up the chick from de ground; B) Moment when the iguana reached a pond where it attempted to engulf the prey from the shoulder girdle. Photo: Naim Carballo Cauich



Figura 2 Paloma de alas blancas (*Zenaida asiatica*) anidando con dos polluelos, en una cochera de la zona urbana de Chetumal, Quintana Roo, México (abril, 2017). Foto: J. Rogelio Cedeño Vázquez

Figure 2. Nesting adult female of White-winged Dove (*Zenaida asiatica*) with two chicks, at a garage in the urban zone of Chetumal, Quintana Roo, Mexico (April, 2017). Photo: J. Rogelio Cedeño Vázquez.



Figura 3. Macho adulto de un garrobo (*Ctenosaura similis*) depredando un polluelo de la paloma de alas blancas (*Zenaida asiatica*) en una barda de la zona urbana de Chetumal, Quintana Roo, México (28 mayo, 2021). Foto: Roger Naim Carballo Cauich.

Figure 3. Adult male of a Black Iguana (*Ctenosaura similis*) preying upon a White-winged Dove (*Zenaida asiatica*) chick, at a fence in the urban zone of Chetumal, Quintana Roo, Mexico (28 May, 2021). Photo: Roger Naim Carballo Cauich.

reptile picked up the bird and held it in its snout (Fig. 1A), and then it moved approximately 3 m to the neighboring enclosure until it reached a pond where it attempted to engulf the prey from the shoulder girdle (Fig. 1B), but it fell into the water. No attempt of the iguana to recover the pigeon's carcass from the water was observed, probably due to our presence. We had to leave the site; thus, we did not know if later the lizard tried to rescue the pigeon's body from the water in order to consume it (Videos 1 & 2).

Although opportunistic scavenging on chicks of the Cattle Egret (*Bulbucus ibis*) by *I. iguana* has already been reported (Morales-Mávil & González-Solórzano, 2020), to our knowledge, this is the first record of attempted consumption of a White-winged Dove by *I. iguana*.

It is worth mentioning that along their distribution, White-winged Doves are abundant, and they are frequently found in or near urban areas (MacKinnon, 2013; BirdLife International, 2016), where they commonly nest (Fig. 2), which facilitates their consumption by these reptiles, including other iguana species like the Black Iguana (*Ctenosaura similis*) as we observed (Fig. 3), and reported by Astorga-Acuña and Mora (2023).

Video 1 available at: <https://youtu.be/lOxg-jQGL4o>

Video 2 available at: <https://youtu.be/fLGlDNHL7EU>

CITED LITERATURE

- Anderson, C. & K.M. Enge. 2012. *Ctenosaura similis* (Gray's Spiny-Tailed Iguana) and *Iguana iguana* (Green Iguana), Carrion feeding. *Herpetological Review* 43:131
- Arendt, W. 1986. An observation of *Iguana iguana* feeding on eggs of the cattle egret (*Bulbucus ibis*) at Fox's Bay, Montserrat, West Indies: a case of predation or scavenging. *Caribbean Journal of Science* 22:221-222
- Astorga-Acuña, J.D.D., & J.M. Mora. 2023. White-winged Dove (*Zenaida asiatica*), a new specific item in the diet of *Ctenosaura similis* (Squamata: Iguanidae). *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:74-79.
- BirdLife International. 2016. *Zenaida asiatica*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T22733956A95231875. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T22733956A95231875.en> [Accessed on 25 January 2024].
- Bock, B., C.L. Malone, C. Knapp, J. Aparicio, T.C.S. Avila-Pires, P. Cacciali, J.R. Caicedo, G. Chaves, D.F. Cisneros-Heredia, P. Gutiérrez-Cárdenas, W. Lamar, J. Moravec, P. Perez, L.W. Porras, G. Rivas, N. Scott, A. Solórzano & J. Sunyer. 2022. *Iguana iguana*, in: IUCN The Red List of Threatened Species. Version 2022. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2022-2.RLTS.T174481A218317281.en> [Accessed on 06 March 2023].
- Díaz-Gamboa, L., D. Herrera, A. Gallardo, R. Cedeño-Vázquez, V.H. González-Sánchez, X. Chiappa-Carrara & C. Arenas. 2020. Catálogo de reptiles de la península de Yucatán. Gobierno del Estado de Yucatán / Universidad Nacional Autónoma de México, Mérida, Yucatán, México.
- Hirth, H.F. 1963. Some aspects of the natural history of *Iguana iguana* on a tropical strand. *Ecological Society of America* 44:613-615
- Lazell, J.D. 1973. The lizard genus *Iguana* in the Lesser Antilles. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College* 145:1-28
- Loftin, H. & E.L. Tyson. 1965. *Iguanias* as carrion eaters. *Copeia* 1965:515
- MacKinnon H., B. 2013. Sal a pajarear Yucatán [guía de aves]. La Vaca Independiente S.A. de C.V., México, D.F., México.
- Morales-Mávil, J.E. & M. González-Solórzano. 2020. *Iguana iguana* (Green iguana), Diet and scavenging. *Herpetological Review* 51:600-601
- 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.
- Schwartz, A. & R.W. Henderson. 1991. *Amphibians and Reptiles of the West Indies: Descriptions, Distributions, and Natural History*. University of Florida Press, Gainesville, Florida.
- Townsend, J.H., J. Slapcinsky, K.L. Krysko, E.M. Donlan & E.A. Golden. 2005. Predation of a tree snail *Drymaeus multilineatus* (Gastropoda: Bulimulidae) by *Iguana iguana* (Reptilia: Iguanidae) on Key Biscayne, Florida. *Southeastern Naturalist* 4:361-364.
- van den Burg, M.P., H. Madden & A.O. Debrot. 2022. Population estimate, natural history and conservation of the melanistic *Iguana iguana* population on Saba, Caribbean Netherlands. *bioRxiv preprint* 2022.05.19.492665.

