



REVISTA
LATINOAMERICANA
DE HERPETOLOGÍA

ANFIBIOS Y REPTILES: DIVERSIDAD E HISTORIA NATURAL
VOLUMEN 07 NÚMERO 02 ABRIL-JUNIO 2024 ISSN: 2594-2158

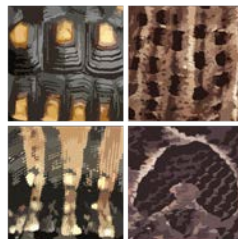




Es una publicación con el apoyo de



Asociación Herpetológica Argentina



SBH
SOCIEDADE BRASILEIRA DE
HERPETOLOGIA



ACH Asociación Colombiana de Herpetología
Herpetología



revistas
UNAM



Scientific Electronic Library Online



ISSN: 2594-2158 Volumen 07, Número 02, Abril-Junio 2024

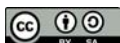
Foto de portada: *Homonota horrida*, Rincón de los Sauces, provincia de Neuquén, Argentina.

Foto: Juan Carlos Acosta †,

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

Contacto: revista.latin.herpetologia@gmail.com

Revista Latinoamericana de Herpetología, año 7, no. 2, abril-junio 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, Leticia Margarita Ochoa Ochoa, Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, UNAM, Ciudad Universitaria, Coyoacán, C.P. 04510, fecha de última modificación, 30/noviembre /2018.



CONSEJO EDITORIAL

Editor-en-Jefe

Leticia M. Ochoa Ochoa (México)

Editoras Adjuntas

Antonieta Labra Lillo (Chile)

Adriana Manzano (Argentina)

Irene Goyenechea Mayer-Goyenechea (México)

Editores Consejeros

Teddy Angarita Sierra (Colombia)

Francisco Brusquetti (Paraguay)

Juan Manuel Guayasamin (Ecuador)

Oscar A. Flores Villela (México)

Rodrigo Macip Ríos (México)

Marcio Martins (Brasil)

Felipe Rabanal (Chile)

Rafael O. de Sá (U.S.A.)

Editores Senior

Dr. Marcio Martins (Artigos em português)

Dr. Sean M. Rovito (English papers)

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

Coordinador Editorial

César A. Ríos Muñoz

COMITÉ EDITORIAL 2024-2026

Editores Asociados

Katyuscia Araujo-Vieira (Brasil)

Pier Cacciali (Paraguay)

Alessandro Catenazzi (Perú)

Pierre A.R.R.H. Charruau (México)

Thaís Condez (Brasil)

Luis Fernando Díaz Gamboa (México)

Marissa Fabrezi (Argentina)

Ana Gatica Colima (México)

Jimena Grosso (Chile)

Oswaldo Hernández Gallegos (México)

Carlos Alberto Hernández Jiménez (México)

Rafael Alejandro Lara Resendiz (México)

Mariana L. Lyra (Brasil)

Ricardo Itzcóatl Maldonado Reséndiz (México)

Norberto Martínez Méndez (México)

Nancy R. Mejía Domínguez (México)

Ricardo Montero (Argentina)

Jorge E. Morales Mávil (México)

Carlos Navas (Brasil)

Mauricio Ocampo Ballivian (Bolivia)

Ernesto Raya García (México)

César A. Ríos Muñoz (México)

Vivian P. Páez (Colombia)

Nicolás Pelegrin (Brasil)

María Laura Ponssa (Argentina)

Sean Michael Rovito (México)

José Manuel Serrano (México)

Luis Sigler (Estados Unidos)

Jenny C. Urbina (Colombia)

Anyelet Valencia-Aguilar (Colombia)

Julián Andrés Velasco Vinasco (México)

Nelson Velásquez (Chile)

English Style Corrector

Brett Butler

Diseño Editorial

Andrea Vargas Fernández

Eugenio Froylan Rascón León

Paola Gómez Gómez

Carlos Antonio Rueda Escobedo

Leticia M. Ochoa Ochoa



CONTENIDO

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

COMPOSICIÓN ALIMENTARIA DE LA RANA TORO EXÓTICA (*AQUARANA CATESBEIANA*) EN UN HUMEDAL DE MONTAÑA CERCA DE LA FRONTERA MÉXICO-ESTADOS UNIDOS: DIETA DE LA RANA TORO EN BAJA CALIFORNIA **8**
Edith Andrea Navarro-Tiznado, Gorgonio Ruiz-Campos & Jorge H. Valdez-Villavicencio

EVALUACIÓN Y RECONOCIMIENTO DEL DOLOR EN REPTILES: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA..... **63**
Oliver Baca-Montero & Daniel Alejandro Gómez Pizano

ESTIMACIÓN DE RIESGOS APLICADA A UNA POBLACIÓN DE SERPIENTES DE CASCABEL (*CROTALUS AQUILUS*) EXPUESTA A METALES DE INTERES TOXICOLÓGICO EN LA COMARCA MINERA, HIDALGO, MÉXICO **102**
Arnold Ibarra-Bautista, Juan Carlos Gaytán-Oyarzún, Leonardo Fernández-Badillo, Griselda Pulido-Flores, Maritza López-Herrera & Gabriela Marisol Vázquez-Cuevas

HERPETOFAUNA EN LA PARTE ALTA DE LA CUENCA SUR DE MANAGUA..... **138**
Lester I. Fonseca-Gonzalez & Heiner D. Acevedo-Vasquez

APROVECHAMIENTO TRADICIONAL DE LOS ANFIBIOS EN EL ESTADO DE MÉXICO..... **208**
Adriana X. J. González-Hernández, Dídac Santos-Fita, David Figueroa, Viridiana Velasco-Virrueta, Erika Adriana Reyes-Velázquez & Víctor Ávila-Akerberg

NOTAS CIENTÍFICAS

INTERESANTE REGISTRO, CON IMPLICACIONES CONSERVACIONISTAS, LLENA UN VACÍO EN EL RANGO DE DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA PARA

HYLOSCIRTUS PLATYDACTYLUS (HYLIDAE)..... **1**
Enrique La Marca, Reinhold Martínez, Néstor Sánchez-Guillén & Erik La Marca

DIVING BEHAVIOR IN THE NEOTROPICAL WHIPSNAKE *CHIRONIUS CARINATUS* (LINNAEUS, 1758) (SQUAMATA: COLUBRIDAE) **35**
Teddy Angarita-Sierra, Osneider Loperena, Antonio J. Quintero, Mayra A. Rangel, Onasis E. Carrillo-Pacheco, Yenny P. González & Santiago J. Sánchez-Pacheco

NEW DISTRIBUTIONAL RECORDS FOR AN ENDANGERED TURTLE, *CLAUDIUS ANGUSTATUS* (REPTILIA: TESTUDINES), AND NOTES ON ITS THREATS IN VERACRUZ, MEXICO **23**
Angel I. Contreras-Calvario, Abigail Mora-Reyes, Axel Fuentes-Moreno, Medardo Arreortúa, Erasmo Cázares-Hernández, Felipe A. Lara-Hernández & Marco A. López-Luna

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LA DIETA DE *DIPSAS VARIEGATA* (SERPENTES: COLUBRIDAE) **39**
Ely David Gomez-Fonseca

INTENTO DE DEPREDACIÓN DE *CTENOSAURA SIMILIS* (SQUAMATA: IGUANIDAE) POR *MASTIGODRYAS MELANOLOMUS* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) EN YUCATÁN, MÉXICO **55**
Enrique Valdez-Escobedo & Daniel Ricardo Durán-Arceo

OBSERVATIONS ON THE ADVERTISEMENT CALL OF THE TILARAN ROBBER FROG *CRAUGASTOR MIMUS* (ANURA: CRAUGASTORIDAE) IN COSTA RICA **79**
Génesis Rodríguez-Naranjo, Claudia Gómez-Campos, Jefre Hernández-Sánchez & Juan G. Abarca

FIRST RECORD OF PARTIAL MELANISM IN THE REDBACK COFFEE SNAKE *NINIA SEBAE* (SQUAMATA: DIPSADIDAE) **88**
Daniel Ariano-Sánchez

DEPREDACIÓN DE *LIOLAEMUS MULTIMACULATUS* (SQUAMATA; LIOLAEMIDAE) POR *BOTHROPS AMMODYTOIDES* (SQUAMATA: VIPERIDAE) EN DUNAS COSTERAS DE PEHUEN-CO, BUENOS AIRES, ARGENTINA **90**
Germán Tettamanti, Ana María Domínguez, David Gustavo Vera, Diego Omar Di Pietro, Melina Alicia Velasco & Federico Pablo Kacoliris

A TEMNOSPONDYL HANDPRINT FROM THE UPPER PALEOZOIC OF THE MATZITZI FORMATION, MEXICO..... **93**

Jorge A. Herrera-Flores & María Patricia Velasco-de León

DEPREDACIÓN DE *GEOPHIS SEMIDOLIATUS* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) POR *LEPTODEIRA SEPTENTRIONALIS* (SQUAMATA: COLUBRIDAE). **99**

Dulce María Castro-Tafolla & Víctor Vásquez-Cruz

NECROPHAGY IN TWO SNAKE SPECIES OF THE GENUS *LEPTODEIRA* (SQUAMATA: DIPSADIDAE) **123**

Edgar A. Gamez-Duarte, José David Jacobo-González, José Martín Manríquez-Soto, Héctor A. Castro-Bastidas & José M. Serrano

DEVRIESEA AGAMARUM ASSOCIATED DERMATITIS IN A SPECIMEN OF BEARDED DRAGON, *POGONA VITTICEPS* (AHL, 1926) (SQUAMATA: AGAMIDAE) IN PARAGUAY **129**

Joerg Richard Vetter, María Fátima Rodríguez, Edith Ruiz Díaz, & Héctor Ramón López

PRIMER REGISTRO DE DEPREDACIÓN DE ARAÑAS (ARANEAE: LYCOSIDAE) POR LA RANA DEL VOLCÁN SAN MARTÍN *CRAUGASTOR LOKI* (CRAUGASTORIDAE) **156**

Eduardo A. Chávez-Ramírez, Grisel Oaxaca-Oñate, Alberto Córdova Ortiz, Reinier Núñez-Bazán, Manuel de Luna, Omar Hernández-Ordoñez, José Antonio Guerrero & José Nicolás Urbina-Cardona

PRIMER REGISTRO DE CRIPSIS INVERSA EN *CROTALUS TRISERIATUS* (CASCABEL TRANSVOLCÁNICA)..... **161**

Ricardo Abraham Domínguez-Acevedo, Mariángel Arvizu-Meza & Carlos J. Pavón-Vázquez

COMPORTAMIENTO DEFENSIVO Y EXTENSIÓN DEL ÁREA DE DISTRIBUCIÓN DE LA SALAMANDRA DE CABEZA PLANA DE BERLÍN *OEDIPINA BERLINI KUBICKI* 2016 (CAUDATA: PLETHODONTIDAE) **165**

Claudia Gómez-Campos, Génesis Rodríguez-Naranjo, Alexandra Salas Ramirez, Jefrie Hernández-Sánchez¹ & Juan G. Abarca

PARASITISMO POR *SPAULIGODON* AFF. *LAMOTHEI* (NEMATODA: OXYUROIDEA) EN *HOMONOTA HORRIDA* (SQUAMATA: PHYLLODACTYLIDAE) EN NEUQUÉN, ARGENTINA **187**

Gabriel N. Castillo, Cynthia J. González- Rivas & Juan C. Acosta

DISTRESS CALL OF *TRACHYCEPHALUS "VERMICULATUS"* (HYLIDAE) DURING PREDATION ATTEMPT BY *LEPTOPHIS AHAETULLA* (DIPSADIDAE) IN A MIDDLE MAGDALENA VALLEY HUMID FOREST **195**

Angela M. Mendoza-Henao

PREDATION OF THE HUMBLE ANOLE, *ANOLIS HUMILIS*, BY THE CENTRAL AMERICA WHIPTAIL *HOLCOSUS FESTIVUS* **199**

José Manuel Mora, Steven Matute, Elián Villalobos Alvarado, Gerardo Chaves & Lucía I. López

PREDATION OF *ASPIDOSCELIS GUTTATUS* (TEIIDAE) BY *OXYBELIS MICROPHthalmus* (COLUBRIDAE) IN AN URBAN ENVIRONMENT OF PUERTO ESCONDIDO, OAXACA, MEXICO **231**

Jesús García-Grajales & Alejandra Buenrostro-Silva

UNA NUEVA PRESA DE LA SERPIENTE ÍNDIGO CENTROAMERICANA *DRYMARCHON MELANURUS* (COLUBRIDAE) EN OAXACA, MÉXICO **235**

Daniel Rueda Hernández & Sergio Barcenas Arriaga

NOTAS DE DISTRIBUCIÓN

SECOND RECORD OF THE MOUNTAIN CAECILIAN *GYMNOPIA SYNTREMA* (AMPHIBIA: GYMNOPHIONA: DERMOPHIIDAE) FOR MEXICO IN TRES LAGUNAS, LACANJÁ CHANSAYAB, OCOSINGO, CHIAPAS..... **29**

Ana Iris Melgar-Martínez, Eduardo Chankin-Chankayun, Iván Villalobos-Juárez & Elí García-Padilla

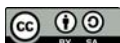
NUEVO REGISTRO DE DISTRIBUCIÓN Y AMPLIACIÓN DE RANGO ALTITUDINAL EN *CERROPHIDION SASAI* (SERPENTES: VIPERIDAE), ATENAS, ALAJUELA, COSTA RICA **32**

Gared Rodríguez-Barboza

AMPLIACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA RANA *CHARADRAHYLA TAENIOPUS* (ANURA: HYLIDAE) EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO ... **43**

Rocío Gabriela Escobedo-Cadena, Linda Lili Hernández-Marmolejo, Christoph Imre Grünwald & Uri Omar García-Vázquez

NUEVOS REGISTROS DE DISTRIBUCIÓN DE *CONIOPHANES SCHMIDTI* (SQUAMATA: DIPSADIDAE)



EN GUATEMALA 46

Mario R. Rivera-Yurrita & Carlos R. Vásquez-Almazán

THE GUATEMALA TREE FROG, *ECNOMIOHYLA MINERA* (ANURA: HYLIDAE), AN ADDITION TO THE HERPETOFAUNA OF MEXICO 50

César Luis Barrio-Amorós, Daniel Joaquín Sánchez-Ochoa, Christopher Kemal Akcali, Oscar A. Flores-Villela, Ricardo Palacios-Aguilar & Hibraim Adán Pérez-Mendoza

NEW RECORDS OF TWO ANURAN SPECIES WITH ECOLOGICAL NOTES IN OAXACA, MEXICO ... 58

Medardo Arreortúa, Angel I. Contreras-Calvario, César Camilo Julián-Caballero, Diana Cruz-Luna, Edna González-Bernal & Tereso López-García

RANGE EXTENSION AND NEW MUNICIPALITY RECORD OF *ABRONIA TAENIATA* (ANGUIDAE) FROM PINAL DE AMOLES, QUERÉTARO, MEXICO.... 84

José Carlos Arenas-Monroy, Raciél Cruz-Elizalde & Israel Solano-Zavaleta

DISTRIBUTION RANGE EXTENSION OF THE AMAZON PYGMY GECKO *PSEUDOGONATODES GUIANENSIS* (PARKER, 1935) (SPHAERODACTYLIDAE: GEKKOTA) IN NORTHERN SOUTH AMERICA 117

Freddy Alexander Grisales-Martínez

FIRST RECORD OF THE RING-NECKED COFFEE SNAKE *NINIA DIADEMATA* BAIRD & GIRARD, 1853 (SQUAMATA: DIPSADIDAE) FOR QUINTANA ROO, MEXICO 134

Pedro E. Nahuat-Cervera & J. Ismael Arellano-Ciau

REGISTROS NOVEDOSOS DE *HYALINOBATRACHIUM VIRIDISSIMUM* (ANURA: CENTROLENIDAE) EN EL EXTREMO SUR DEL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO 204

Oscar M. Mendoza-Velázquez, Luis E. Sánchez-Cuesta & Aaron Gómez Cruz

NUEVOS REGISTROS POR ATROPELLAMIENTO VEHICULAR PARA LA HERPETOFAUNA DEL MUNICIPIO DE RAFAEL DELGADO, VERACRUZ.... 226

Juan Manuel Díaz García

PERSPECTIVA

UNA COLECCIÓN BIOLÓGICA REGIONAL PARA EL ESTUDIO DE LOS ANFIBIOS Y REPTILES EN SINALOA, MÉXICO..... 171

Héctor Alexis Castro-Bastidas



ISSN: 2594-2158 Volumen 07, Número 02, Abril-Junio 2024

Gymnopsis syntrema, Santuario del Cocodrilo, Tres Lagunas, Ocosingo, Chiapas

Fotos: Ana Iris Melgar-Martínez.

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

Contacto: revista.latin.herpetologia@gmail.com



INTERESANTE REGISTRO, CON IMPLICACIONES CONSERVACIONISTAS, LLENA UN VACÍO EN EL RANGO DE DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA PARA *HYLOSCIRTUS PLATYDACTYLUS* (HYLIDAE)

INTERESTING RECORD, WITH CONSERVATION IMPLICATIONS, FILLS A GAP IN THE GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION RANGE FOR *HYLOSCIRTUS PLATYDACTYLUS* (HYLIDAE)

Enrique La Marca^{1,2*}, Reinhold Martínez^{2*}, Néstor Sánchez-Guillén^{2*} & Erik La Marca^{2*}

¹Escuela de Geografía, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes, Mérida 5101, Venezuela. ORCID: 0000-0002-6508-3375

²Centro de Conservación “Rescate de Especies Venezolanas de Anfibios” (REVA), Mérida 5101, Venezuela.

*Correspondence: enrique.lamarca@gmail.com

Received: 2023-10-28. Accepted: 2024-03-05. Published: 2024-04-16.

Editor: Francisco Brusquetti, Paraguay.

Abstract.— *Hyloscirtus platydactylus* is reported for the first time from the Rangel municipality of Merida state, in the Venezuelan Andes. It also constitutes the first record of this taxon for the Montane dry forest Life Zone and the highest elevation record for the species. Twenty-eight post-metamorphic specimens and a dozen tadpoles were located during the local rainy season through visual searches in small springs surrounded by vegetation in intermediate stages of ecological succession. The new record is important because it fills a gap in the species' distribution and presents evidence of its presence in an area with different ecological characteristics than the other areas where it was already known. This discovery of *H. platydactylus* is of singular importance for the conservation of the natural vegetation patches that remain in this Venezuelan Andean region, which are important in terms of the representation of its characteristic fauna and flora. *Hyloscirtus platydactylus* largely lacks ecological and biological information and is classified as Vulnerable (VU) in the IUCN red list of species.

Key words.— Amphibians, biogeography, conservation, Mucuchíes, syntopic species, Andes, Venezuela.

Resumen.— Se reporta por primera vez *Hyloscirtus platydactylus* para el municipio Rangel del estado Mérida, en los Andes venezolanos. Constituye el primer registro de este taxón para la Zona de Vida bosque seco Montano y el mayor récord de elevación para la especie. Veintiocho ejemplares post-metamórficos y una docena de renacuajos fueron encontrados durante la temporada de lluvias local mediante búsquedas visuales en pequeños manantiales rodeados de vegetación en estadios intermedios de sucesión ecológica. El nuevo registro es importante porque llena un vacío en la distribución de la especie y presenta evidencia de su presencia en un área con características ecológicas diferentes a las de las otras áreas donde ya era conocida. Este descubrimiento de *H. platydactylus* reviste singular importancia para la conservación de los remanentes de vegetación natural que permanecen en esta región andina de Venezuela y que son importantes en términos de la representación de su fauna y flora características. *Hyloscirtus platydactylus* carece grandemente de información ecológica y biológica, y está clasificada como Vulnerable (VU) en la lista roja de especies de la IUCN.

Palabras clave.—Anfibios, biogeografía, conservación, Mucuchíes, especies sintópicas, Andes, Venezuela.

La rana arborícola andina de Mérida, *Hyloscirtus platydactylus* (Boulenger, 1905) es un anfibio característico de bosques nublados andinos tanto de la Cordillera de Mérida, en Venezuela, como de la Cordillera Oriental de Colombia (Frost, 2023). Actualmente se considera que su distribución altitudinal se encuentra entre 1,040 m s.n.m. y 2,763 m s.n.m. (IUCN, 2021), aunque existe una indicación de límite superior de elevación a 3,000 m s.n.m. en Stuart et al. (2008), la cual no está documentada con fotografías o registros de museo. Los registros para la Sierra de Perijá (La Marca, 1994; Barrio Amorós, 1998; Acosta Galvis, 2023) deben ser reconfirmados por reexaminación de ejemplares, ya que de esa misma cadena montañosa se describió posteriormente

Hyloscirtus japreria Rojas-Runjaic et al. (2018), con la cual podría confundirse.

Hyloscirtus platydactylus fue la primera especie de su género en ser descrita para Venezuela. En este país, la presencia de *H. platydactylus* está documentada para los estados Barinas, Mérida y Táchira (La Marca, 1985, 1992; Barrio Amorós, 1998). No obstante, poco se conoce sobre la biología e historia natural de esta especie. Solo existen datos puntuales sobre uso de hábitat y dieta (Piñero, 1985; Piñero & Durant, 1993), pero otros aspectos, como biología reproductiva, actividad y estado de las poblaciones permanecen poco estudiados.

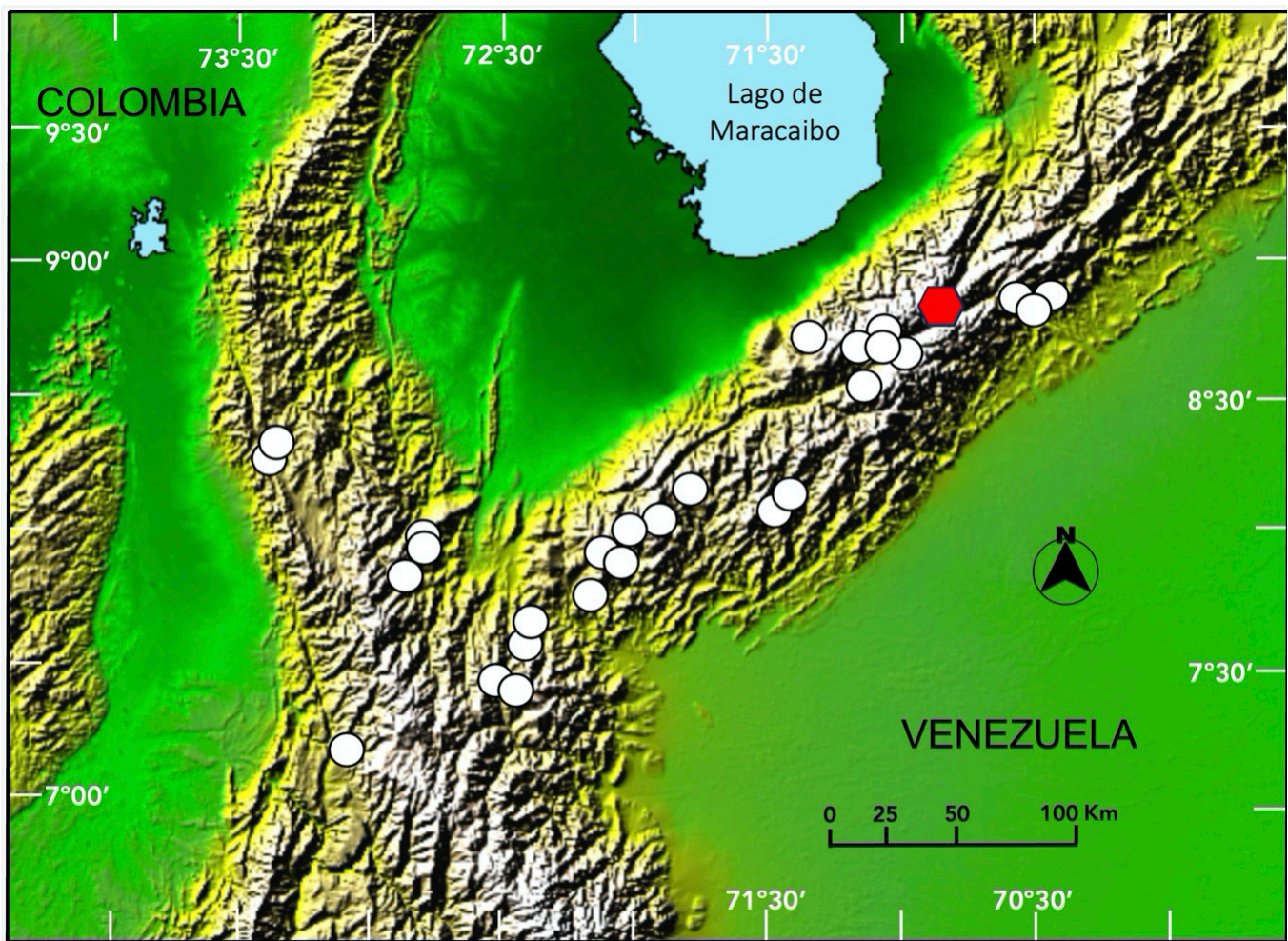


Figure 1. Geographic distribution of *Hyloscirtus platydactylus* in northern South America. Red polygon indicates relative location of the new report in the Mérida Mountain Range, Venezuela. White circles indicate literature records based on Barrio Amorós (1998) and Acosta Galvis (2023)

Figura 1. Distribución geográfica de *Hyloscirtus platydactylus* al norte de América del Sur. Polígono rojo indica localización relativa del nuevo reporte en la Cordillera de Mérida, Venezuela. Círculos blancos indican registros de literatura basados en Barrio Amorós (1998) y Acosta Galvis (2023).



Figure 2. Habitat of *Hyloscirtus platydactylus* in Los Muros de Tadeo, Mérida state, Venezuela. Note crop areas and coniferous plantations on mountains in the background. Photography by Enrique La Marca.

Figura 2. Hábitat de *Hyloscirtus platydactylus* en Los Muros de Tadeo, estado Mérida, Venezuela. Note áreas de cultivos y plantaciones de coníferas en montañas al fondo. Fotografía por Enrique La Marca.

El objetivo de la presente nota es documentar una nueva localidad para *H. platydactylus* (Fig. 1), que constituye el registro de mayor elevación para esta especie que está clasificada como Vulnerable en la Lista Roja de la IUCN (2021). El 6 de mayo de, 2023, durante la temporada de lluvias local, llevamos a cabo una exploración herpetológica en la región de Mucuchíes, estado Mérida, al oeste de los Andes de Venezuela, específicamente en el Municipio Rangel, parroquia La Toma, localidad de Los Muros de Tadeo (8.767528° N, 70.896694° W, datum WGS84) a 3,330 m s.n.m. En el sitio realizamos un Relevamiento por Encuentros Visuales (REV, véase Angulo et al., 2006), en el cual participaron activamente dos personas durante un período de aproximadamente dos horas (10:05 h hasta, 12:15 h).

El lugar del muestreo se corresponde con un arbustal en recuperación, con una superficie aproximada de dos hectáreas, en el cual se encuentra una serie de manantiales o “minas

de agua” que brotan de un escarpe de falla tectónica (Fig. 2). El sitio está intervenido, y hay presencia de bueyes que pastorean ocasionalmente allí y beben agua de los manantiales; la zona se encuentra totalmente rodeada de áreas de cultivo, establecimientos rurales, urbanismos y zonas comerciales. La presencia de manantiales de agua en el sitio de muestreo hace que el lugar sea permanentemente húmedo, lo cual brinda cierta ventaja ecológica en una región que está sometida a un clima estacional con un período seco que dura de dos a cuatro meses, y resulta de sumo interés por hallarse en una zona con graves problemas de escasez de agua (La Marca et al., 2023).

Es oportuno acotar que la región de Mucuchíes ha sido objeto de una fuerte intervención humana desde tiempos prehispánicos, lo que ha llevado a la casi total destrucción de su cobertura vegetal original predominante, la cual probablemente era el bosque seco Montano, que ha disminuido considerablemente en otras



Figure 3. Remnants of natural vegetation (dark green) in steep positions and in runoff areas within a matrix of intervened areas in the vicinity of San Rafael de Mucuchíes, Mérida state, Venezuela. Photo: Enrique La Marca.

Figura 3. Remanentes de vegetación natural (de color verde oscuro) en posiciones empinadas y en zonas de escorrentía dentro de una matriz de áreas intervenidas en las cercanías de San Rafael de Mucuchíes, estado Mérida, Venezuela. Foto: Enrique La Marca.

partes de los Andes tropicales (La Marca et al., 2018, 2023). Los escasos parches de vegetación natural remanente se encuentran completamente rodeados por áreas de cultivo (principalmente papa, trigo y algunas hortalizas) y generalmente están ubicados en zonas de escorrentía (Fig. 3).

Como resultado del muestreo, encontramos una población de la rana arborícola *H. platydictylus*, de la cual contabilizamos, 12 renacuajos y 28 ejemplares post-metamórficos entre juveniles, subadultos y un adulto. Los ejemplares no fueron medidos ni sexados y tampoco fueron colectados. Dos de estos ejemplares, un adulto y un renacuajo, fueron documentados con fotografías (Fig. 4) que están depositadas en la Colección de Anfibios y

Reptiles del Laboratorio de Biogeografía de la Universidad de Los Andes en Mérida, Venezuela (ULABG), con los números ULABG 7846–47. En el lugar no escuchamos cantos de este hílido, que sabemos que tiene actividad nocturna (La Marca, 1985), aunque escuchamos vocalizaciones de un anfibio terrestre de actividad diurna, la ranita de Mucuchíes (*Aromobates zippeli* Barrio-Amorós & Santos, 2012), que había sido reportado previamente de este mismo lugar por La Marca et al. (2023). Este constituye el primer caso reportado de ambas especies coexistiendo de manera simpátrica y sintópica.

La especie de hílido que encontramos en el lugar con toda probabilidad es *H. platydictylus*. Llegamos a esta conclusión



Figure 4. (A) Adult specimen of *Hyloscirtus platydictylus*, not collected (Photo filed as ULABG 7846), from Los Muros de Tadeo, San Rafael de Mucuchíes, Venezuela. (B) *H. platydictylus* tadpole, not collected (Photo on file as ULABG 7847). Photo: Erik La Marca.

Figura 4. (A) Ejemplar adulto de *Hyloscirtus platydictylus*, no colectado (Foto archivada como ULABG 7846), de Los Muros de Tadeo, San Rafael de Mucuchíes, Venezuela. (B) Renacuajo de *H. platydictylus*, no colectado (Foto archivada como ULABG 7847). Foto: Erik La Marca.

tras hacer una comparación morfológica y cromática de adultos y renacuajos con otros hílidos de los Andes venezolanos. Por su aspecto general, esta rana se parece a otras especies en el género *Hyloscirtus*, de las cuales solo *H. jahni*, *H. lascinius* y *H. platydactylus* han sido reportadas para la Cordillera de Mérida (La Marca, 1992; Barrio Amorós, 1998; Rojas-Runjaic et al., 2018; Acosta Galvis, 2023). La otra especie geográficamente más cercana es *H. japreria*, que se encuentra en la Sierra de Perijá (Rojas-Runjaic et al., 2018).

Los ejemplares post-metamórficos de la nueva localidad se parecen a *H. platydactylus* por su coloración pardo oscura, canthus rostralis no bien definido, membrana y anillo timpánico indistintos, pliegue supratimpánico no bien definido, punta del hocico no prominente más allá del labio inferior, y pliegue tarsal ausente (La Marca, 1985). Se distingue de *H. jahni* porque esta última tiene coloración verdosa, pliegues supratimpánicos fuertes, canthus rostralis bien definido, y la punta del hocico sobresale más allá del labio inferior (La Marca, 1985). Se distingue de *H. lascinius* por carecer de tubérculo calcar y la coloración verde azulada en axilas e ingles, y por poseer anillo timpánico visible. Se distingue de *H. japreria* por carecer de pliegue tarsal y de líneas blancas en el párpado superior, sobre el pliegue supratimpánico y sobre el pliegue supraoculal (Rojas-Runjaic et al., 2018). El renacuajo (Fig. 4) difiere de los de *H. jahni* por no tener un aparato oral modificado en ventosa suctorial. Es parecido en coloración a los renacuajos de *H. platydactylus*, por la presencia de manchas ocre en las aletas de la cola, una banda oscura entre los párpados y por la presencia de bandas oscuras transversales sobre la cola; aunque estas últimas bandas también pueden estar ocasionalmente presentes en *H. jahni* (La Marca, 1985). Desconocemos los renacuajos de *H. lascinius* y *H. japreria*.

En términos biogeográficos, este es el primer registro de *H. platydactylus* para la región de Mucuchíes, en los Andes centrales de Venezuela y, con sus 3,330 m s.n.m., es también el registro de mayor elevación para la especie (La Marca, 1992; Barrio Amorós, 1998; Rojas-Runjaic et al., 2018). El nuevo registro es importante porque llena un vacío en el rango de distribución de la especie. Adicionalmente, el hallazgo amplía el rango de condiciones ecológicas preferidas por la especie, ya que constituye el primer registro para la Zona de Vida bosque seco Montano (bs-M, Ewel et al., 1976) o unidad ecológica Bosque Siempreverde Seco Montano (Ataroff & Sarmiento, 2004), mientras que todos los registros previos dados por Barrio Amorós (1998) estimamos que se corresponden con bosques húmedos, particularmente bosques nublados (La Marca, datos no publicados).

Hyloscirtus platydactylus se conocía previamente de localidades andinas (La Marca, 1985; Barrio Amorós, 1998) que las podemos ubicar dentro de las Zonas de Vida bosque húmedo Montano y bosque muy húmedo Montano, lo que inferimos de superponer las localidades conocidas para esta especie (Fig., 1) sobre el mapa de zonas de vida de Ewel et al. (1976) y por nuestra propia experiencia. Su presencia en la Zona de Vida bosque seco Montano amplía el rango conocido de sus requerimientos ecológicos, aunque pensamos que ocurra allí de manera marginal, asociada con una disponibilidad hídrica relativamente permanente.

Debido a las características del área en la que se realizó el registro y debido al notable riesgo de intervención antropogénica que presenta, sugerimos que el lugar del hallazgo sea considerado bajo alguna figura de protección ambiental. De esta manera se lograría resguardar las poblaciones de *H. platydactylus* y *A. zippeli*, ambas especies amenazadas, así como también garantizar la permanencia de las nacientes de agua que allí se encuentran.

Agradecimientos.- Agradecemos a Daniela Febres Cordero Salas por su apoyo a nuestras actividades conservacionistas en la región de Mucuchíes, Andes centrales de Venezuela. También agradecemos a Francisco (Chico) Ramírez Leal, de la posada María Laura, y a su familia, por extendernos muchas cortesías; y en especial a Francisco Ramírez y Mariana Villamizar quienes gentilmente fueron nuestros guías en el sector Los Muros de Tadeo de La Toma de Mucuchíes. El Chessington Conservation Fund y la Fundación Biogeos colaboraron con financiamiento parcial que conllevaron al presente reporte. Los autores desean expresar su agradecimiento a dos revisores anónimos cuyos valiosos comentarios mejoraron sustancialmente una versión previa del manuscrito. Las actividades de campo que llevaron al hallazgo de la rana *Hyloscirtus platydactylus* contaron con el apoyo decisivo del Chessington Conservation Fund.

LITERATURA CITADA

- Acosta Galvis, A.R. 2023. Lista de los Anfibios de Colombia: Referencia en línea V.13.2023. <http://www.batrachia.com>; Batrachia, Villa de Leyva, Boyacá, Colombia. [Consultado en julio, 2023]
- 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. Serie Manuales para la Conservación, 2. Conservación Internacional. Bogotá, Colombia.

- Ataroff, M. & L. Sarmiento. 2004. Las unidades ecológicas de los Andes de Venezuela. Pp., 12-26. En E. La Marca & P.J. Soriano. Reptiles de Los Andes de Venezuela. Fundación Polar, Conservación Internacional, CODEPRE-ULA, Fundacite Mérida, BIOGEOS. Mérida, Venezuela.
- Barrio Amorós C.L. 1998. Sistemática y biogeografía de los anfibios (Amphibia) de Venezuela. Acta Biológica Venezolana 18:1-93
- Boulenger G.A. 1905. Descriptions of new tailless batrachians in the collection of the British Museum. Annals and Magazine of Natural History, Series 7, 16:180-184.
- Ewel, J.J, A. Madriz & J.A. Tosi Jr. 1976. Zonas de Vida de Venezuela. Memoria Explicativa sobre el Mapa Ecológico. Ministerio de Agricultura y Cría (M.A.C.), and Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP). Editorial Sucre. Caracas, Venezuela.
- 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. doi.org/10.5531/db.vz.0001>. [Consultado en julio, 2023]
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2021. *Hyloscirtus platydactylus*. The IUCN Red List of Threatened Species, 2021: e.T55607A85903166. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T55607A85903166.en>. [Consultado en julio, 2023].
- La Marca, E. 1985. Systematics and ecological observations on the Neotropical frogs *Hyla jahni* and *Hyla platydactyla*. Journal of Herpetology 19:227-237.
- La Marca, E. 1992. Catálogo taxonómico, biogeográfico y bibliográfico de las ranas de Venezuela. Cuadernos Geográficos (Universidad de Los Andes, Mérida) 9:1-197.
- La Marca, E. 1994. Geographic distribution (Anura): *Hyla platydactyla*. Herpetological Review 25:160-161.
- La Marca, E., M. Castellanos M. & N. Sánchez-Guillén. 2018. A critically endangered frog trapped in a shrinking 'ecological capsule'. Amphibian Ark Newsletter 44:24-25.
- La Marca, E., N. Sánchez-Guillén, J. Puente, R. Martínez & E. La Marca. 2023. In situ conservation as an additional protection measure for the Mucuchíes frog. Amphibian Ark Newsletter 62:7-8.
- Piñero-B., J. 1985. Ecología trófica de una comunidad de anuros de selva nublada. I. Dieta y microhábitat. Pp. 41. En Resúmenes de comunicaciones libres. XXXV Convención Nacional de ASOVAC. 17 al, 22 noviembre, 1985.
- Piñero-B., J. & P. Durant. 1993. Dieta y hábitat de una comunidad de anuros de selva nublada en los Andes merideños. Ecotropicos 6:1-9.
- Rojas-Runjaic, F.J.M., E.E. Infante-Rivero, P.E. Salerno & F.L. Meza-Joya. 2018. A new species of *Hyloscirtus* (Anura, Hylidae) from the Colombian and Venezuelan slopes of Sierra de Perijá, and the phylogenetic position of *Hyloscirtus jahni* (Rivero, 1961). Zootaxa 4382:121-146.
- Stuart, S.N., M. Hoffmann, J.S. Chanson, N.A. Cox, R.J. Berridge, P. Ramani & B.E. Young (Eds.). 2008. Threatened Amphibians of the World. Lynx Editions, Barcelona, Spain; IUCN, Gland, Switzerland; and Conservation International, Arlington, Virginia, USA.



COMPOSICIÓN ALIMENTARIA DE LA RANA TORO EXÓTICA (*AQUARANA CATESBEIANA*) EN UN HUMEDAL DE MONTAÑA CERCA DE LA FRONTERA MÉXICO-ESTADOS UNIDOS: DIETA DE LA RANA TORO EN BAJA CALIFORNIA

DIETARY COMPOSITION OF THE EXOTIC AMERICAN BULLFROG (*AQUARANA CATESBEIANA*) IN A MOUNTAIN WETLAND NEAR THE MEXICO-U.S.A. BORDER: DIET OF THE AMERICAN BULLFROG IN BAJA CALIFORNIA

Edith Andrea Navarro-Tiznado^{1,3}, Gorgonio Ruiz-Campos^{2*} & Jorge H. Valdez-Villavicencio³

¹Telesecundaria No. 4, Ejido La Misión, Ensenada, Baja California, 22765, México.

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

³Conservación de Fauna del Noroeste A.C., Ensenada, Baja California, 22897, México.

*Correspondencia: gruiz@uabc.edu.mx

Received: 2023-05-31. Accepted: 2024-03-14. Published: 2024-04-16.

Editor: César Antonio Ríos-Muñoz, México.

Abstract.– We analyzed the feeding composition of the exotic American bullfrog (*Aquarana catesbeiana*) from a mountain wetland of Baja California, near the Mexico-United States border, during spring and summer of 2016. We examined the stomach contents of 65 specimens of bullfrogs by sex, age and size, and quantified the integral contribution of the prey in the diet by means of the relative importance index, and their relationship with biotic and environmental factors. We documented that bullfrogs importantly prey on the exotic red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*), which showed modifications in dietary composition by sex and age of the individuals, as well as seasonally. Size of prey consumed was independent of the body size of the predator, which indicates no selective predation. The weight of fat body in bullfrogs was positively related to the consumption of the three main prey in the diet (red swamp crayfish, terrestrial isopods Armadillidiidae and ants Formicidae). This study shows that the bullfrog consumes a great proportion of red crayfish when both exotic species share the aquatic environment.

Keywords.– Baja California, bullfrog, diet, invasive species, prey size.

Resumen.– Analizamos la composición alimentaria de la rana toro exótica (*Aquarana catesbeiana*) en un humedal de montaña de Baja California cerca de la frontera México-Estados Unidos, durante la primavera y verano de 2016. Examinamos el contenido estomacal de 65 especímenes por sexo, edad y talla. Además, cuantificamos la contribución integral de las presas (frecuencia, número y volumen) en la dieta mediante el índice de importancia relativa, y su relación con factores ambientales y bióticos. Documentamos que la rana toro consume de manera importante al langostino rojo exótico (*Procambarus clarkii*), lo que modifica la composición de la dieta entre sexo, edad y entre estaciones. El tamaño de presa consumida fue independiente del tamaño corporal del depredador, lo cual sugiere una depredación no selectiva. El peso del cuerpo graso estuvo relacionado positivamente con el consumo de las tres principales presas en la dieta de la rana toro (langostino rojo, isópodos terrestres Armadillidiidae y hormigas Formicidae). Este estudio demuestra que la rana toro consume una gran proporción de langostino rojo cuando ambas especies exóticas comparten el ambiente acuático.

Palabras clave.– Baja California, dieta, especie invasora, rana toro, tamaño de presa.

INTRODUCCIÓN

La rana toro *Aquarana catesbeiana* (Shaw, 1802) está considerada dentro de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo (Lowe et al., 2000; Kraus, 2009). Esta especie nativa del este de Norteamérica ha sido introducida en más de 40 países del mundo (Lever, 2003), incluyendo el noroeste y centro de México (Lavin et al., 2014) y otros países de Sudamérica (Barbosa et al., 2017; Laufer et al., 2021), principalmente para fines de cultivo y consumo humano (Kraus, 2009). La rana toro es conocida por sus efectos negativos sobre las comunidades de vertebrados nativos, especialmente de anuros, vía exclusión competitiva, depredación, alteración de hábitat y transmisión de enfermedades (Ficetola et al., 2007; Kraus, 2009; Both & Grant, 2012; Batista et al., 2015; Laufer & Gobel, 2017; Chang et al., 2022; Laufer et al., 2023).

La composición de la dieta de esta rana ha sido ampliamente estudiada en otras partes del mundo donde ésta ha sido introducida, principalmente por sus efectos negativos sobre distribución y abundancia de anfibios y otros vertebrados nativos vía competencia y/o depredación (Kupferberg, 1997; Hammerson, 1982; Hirai, 2004; Pearl et al., 2004; Jancowski & Orchard, 2013; Lee 1969; Werner et al., 1995; Wu et al., 2005; Xuan et al., 2015), interferencia acústica (Both & Grant, 2012) y transmisión de patógenos (Schloegel et al., 2009; Chang et al., 2022).

En el occidente de Estados Unidos de América, la rana toro ha sido la causa principal de disminución de las poblaciones de la rana de patas amarillas (*Rana boylei*), de la rana de patas rojas (*R. draytonii*) en California, y la rana manchada (*R. pretiosa*) en Oregon (Dumas, 1966; Kupferberg, 1997; Lawler et al., 1999; Moyle, 1973). La alta capacidad de adaptación de la rana toro por su amplio nicho trófico la convierte en un depredador oportunista o generalista, con una composición de dieta altamente variada de acuerdo con la disponibilidad de presas en el ambiente (Jancowski & Orchard, 2013; Peterson et al., 2013; Toledo et al., 2007; Quiroga et al., 2015; Laufer et al., 2021). En México se han realizado pocos estudios sobre la composición de la dieta de la rana toro como el de Ortiz-Serrato et al. (2014), quienes reportaron al langostino rojo (*Procambarus clarkii*) como principal componente de la dieta de adultos de rana toro en una localidad cerca de la costa en el noroeste de Baja California. Además, demostraron que la composición de la dieta varía dependiendo de la temporada del año, sexo y tamaño del organismo. Gatica-Colima & Ramos-Guerra (2014) reportaron que la dieta de rana toro en el noroeste de Chihuahua estuvo compuesta principalmente por coleópteros, ortópteros

y hemípteros. Sin embargo, estos estudios se encuentran en humedales con diferente altitud, clima y vegetación, por lo que este estudio busca contribuir al conocimiento de la dieta de rana toro en un humedal de montaña a 972 m.s.n.m. de altitud, en las proximidades al límite internacional México-Estados Unidos de América.

La hipótesis de este estudio radica en que la dieta de la rana toro es diferente entre los sexos, edades y épocas del año como resultado de la amplia plasticidad trófica que posee este anfibio invasor en el uso de recursos tróficos disponibles en los ecosistemas referidos. En este contexto, el presente estudio describe: (1) la composición de la dieta de la rana toro por sexo, etapa ontogénica y época del año en un humedal de montaña cercano a la frontera internacional México-Estados Unidos, (2) la relación de la dieta con variables bionómicas y ambientales, y (3) las principales presas consumidas por esta especie exótica invasora.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Ciénega Redonda es un humedal de montaña ubicado en el municipio de Tecate, Baja California, México (32.53196° N, 116.31719° W, WGS84, 972 m s.n.m.), a 7.6 km al sur de la frontera México- Estados Unidos (Fig. 1). Esta localidad se encuentra en la región mediterránea de Baja California (Bailey, 1998) y pertenece a la cuenca río Tijuana (CONAGUA, 2015). El principal tipo de vegetación es chaparral compuesto principalmente por *Adenostoma fasciculatum*, *A. sparsifolium*, *Rhus integrifolia* y *R. ovata* (Delgadillo, 1997). El clima es de tipo mediterráneo con una temperatura media mensual de 16 °C y precipitación media anual de 321 mm, caracterizado por inviernos fríos y lluviosos y veranos cálidos y secos (Delgadillo, 1997). Ciénega Redonda es un rancho ecoturístico con un lago natural de 17,256 m² de superficie y 546 m perímetro, que ha disminuido su superficie posterior a la sequía de 2017 un 26.6% (área = 4,588.2 m², perímetro = 361.8 m).

Trabajo de campo

Los muestreos de rana toro se realizaron bimestralmente entre marzo y septiembre de 2016 (19-21 de marzo, 19-21 de mayo, 18-20 de julio, y 18-20 de septiembre). El muestreo del 19-21 de marzo fue considerado dentro de la estación de lluvias y el resto de los muestreos bimestrales en la estación de secas. De manera paralela al muestreo de ejemplares se midieron variables atmosféricas como temperatura del aire (°C), humedad relativa (%) y velocidad del viento (km/h) con una estación portátil



Kestrel 3500, como también variables fisicoquímicas del agua como temperatura (°C), conductividad (µS/cm), pH y total de sólidos disueltos (TDS, ppm), todas ellas medidas con un equipo Hydrolab Scout 2.

Cada evento de muestreo tuvo una duración de tres días en los que la búsqueda y captura de ejemplares de rana toro se realizó entre las 20:00 y las 23:00 h. La búsqueda de los ejemplares fue realizada con ayuda de lámparas de mano que permitieron localizarlos alrededor del cuerpo de agua y entre la vegetación litoral y ribereña. La captura de los ejemplares fue manual y con ayuda de redes de cuchara. Los ejemplares capturados fueron colocados en cubetas de plástico con tapa para ser posteriormente transportados al campamento, donde estos individuos fueron sacrificados con una inyección de pentobarbital sódico o con cloroformo al 10% siguiendo el protocolo de Pisani (1973). De

cada individuo se obtuvieron los siguientes datos: sexo, edad, peso, longitud hocico-cloaca (LHC) y peso del cuerpo graso.

La LHC de cada individuo fue medida con un vernier (precisión 0.01 mm) y el peso fue medido en una balanza electrónica Ohaus Navigator NVT3201/1 (precisión 0.1 g). El estómago de cada individuo capturado fue extraído en campo, mismo que fue medido con un vernier (precisión 0.01 mm) y pesado en la balanza electrónica antes de colocarlo en una solución de formaldehído al 10% neutralizada con borato de sodio siguiendo el protocolo de Hall (1962). También el cuerpo graso de cada individuo fue removido y pesado, siendo este cuerpo un reservorio primario de lípidos para reproducción que alcanza su tamaño máximo justo antes de la brumación y su tamaño mínimo justo después de la reproducción (Duellman & Trueb, 1986). Los estómagos permanecieron en el fijador

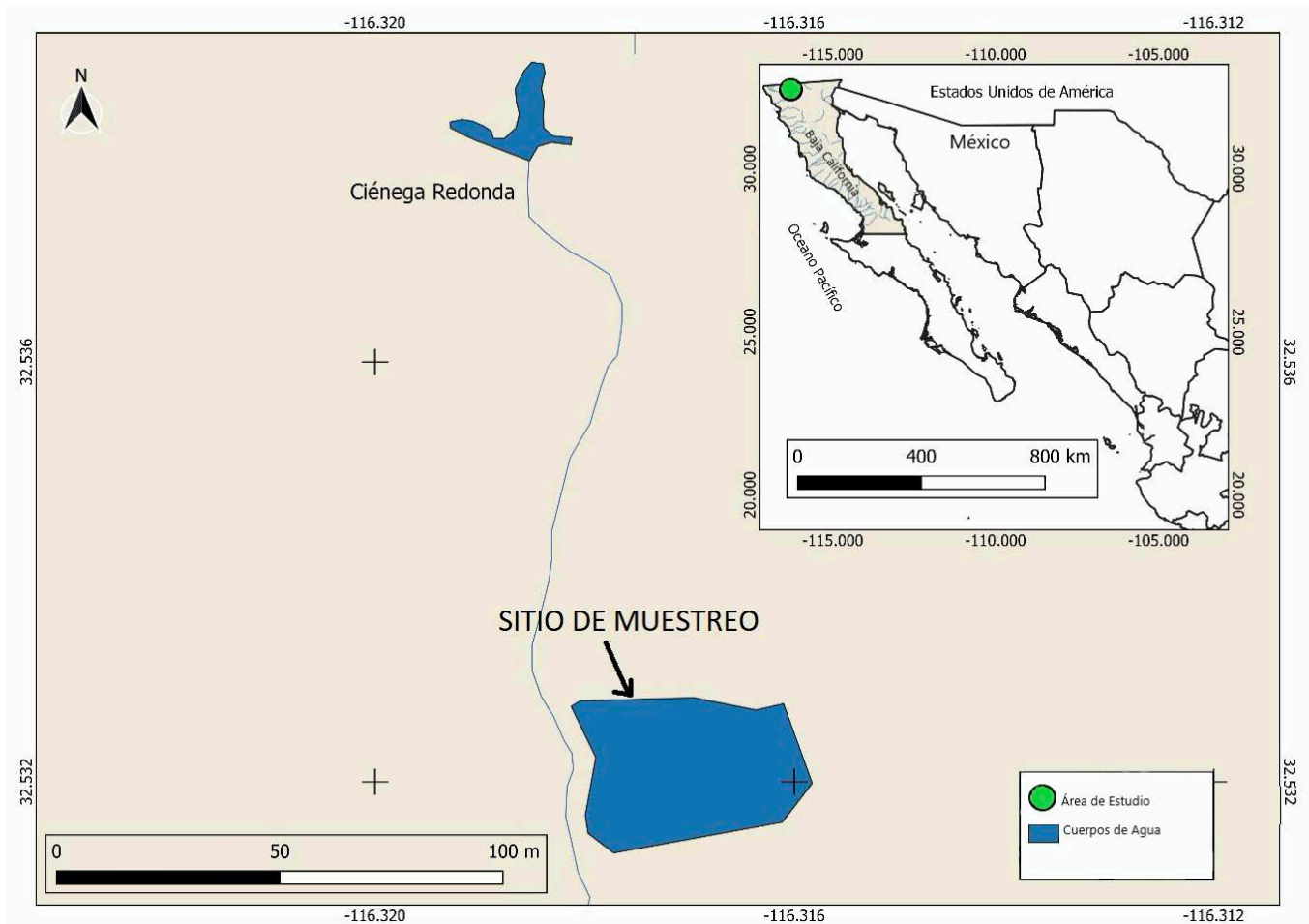


Figure 1. Location of the American bullfrog survey site in Ciénega Redonda, Tecate, Baja California, Mexico.

Figura 1. Ubicación del sitio de muestreo de rana toro en Ciénega Redonda, Tecate, Baja California, México.

durante una semana, después en agua por un día, y finalmente se preservaron en alcohol etílico al 70%. El análisis de contenido estomacal fue examinado por sexo, edad y por evento de muestreo. El sexo se determinó por medio de la observación del tamaño relativo del tímpano donde el diámetro del tímpano es mayor que el del ojo en machos, mientras que en hembras es igual o menor al tamaño del ojo (Álvarez-Romero et al., 2005). El sexado de los individuos juveniles se realizó en el laboratorio con la ayuda de un vernier digital (precisión 0.01 mm) la medición del diámetro del tímpano y el ojo de cada organismo. La edad de los organismos se determinó con las medidas del tamaño de LHC basados en los intervalos de talla descritos para esta especie en Baja California por Ortiz-Serrato et al. (2014): juveniles (≤ 86 mm) y adultos (87 mm a 128 mm).

Los estómagos fueron pesados antes y después de la extracción de su contenido con una balanza analítica digital marca Ohaus, modelo AP 110-0 (precisión de 0.0001 g). El objetivo de pesar cada estómago fue determinar la biomasa de presas consumidas por cada individuo. El contenido estomacal fue colocado en una caja de Petri para la separación, cuantificación e identificación de los rubros alimenticios. La identificación de las presas se realizó cuando fue posible a la categoría taxonómica más baja posible, utilizando claves taxonómicas para invertebrados (McCafferty, 1981; Merritt et al., 2008) e insectos acuáticos (Usinger, 1968).

Análisis estadístico

Para determinar la contribución en la dieta de las presas consumidas por la rana toro se determinó el índice de importancia relativa (Pinkas et al., 1971; IIR). Este índice integra la contribución porcentual de cada tipo de presa por frecuencia de aparición, número y peso, mediante la ecuación:

$$IIR = (\%N + \%P) (\%FA)$$

Donde $\%N = n_i/N * 100$, siendo n_i el número de la presa de tipo i y N el número total de presas; $\%P = p_i/P * 100$, siendo p_i el peso de la presa tipo i y P el peso de todas las presas encontradas; y $\%FA$ (porcentaje de frecuencia de aparición) = $f_i/F * 100$, siendo f_i el número de estómagos donde aparece la presa tipo i y F el número de estómagos analizados.

Con el propósito de cuantificar la similitud de la composición trófica entre clases de talla, sexos, y estaciones del año, se utilizó la ecuación de traslape de nicho de Schoener (1970). Esta ecuación se define como:

$$\alpha = [1 - 0.5 (\sum |P_{xj} - P_{yj}|)] * 100$$

Donde α = traslape trófico, P_{xj} = proporción del taxón presa j (%IIR) en la dieta del grupo x (sexo, talla o estación del año x), y P_{yj} = proporción del taxón presa j (%IIR) en la dieta del grupo y (sexo, talla o estación del año y). Esta ecuación es apropiada cuando no se dispone de datos de disponibilidad de presas en el ambiente (Wallace, 1981). La significancia del traslape se consideró para valores $\geq 60\%$ (Zaret & Rand, 1971), donde los grupos comparados comparten más de la mitad de los recursos presa consumidos.

A partir de esta información se construyó una matriz de similitud trófica para talla, sexo y para los meses de muestreo, se generaron dendrogramas utilizando el método de agrupamiento por pares promediados ponderados y la métrica de distancia de Chebyshev (StatSoft, 2008). Este último algoritmo de distancia está definido como:

$$D_{cheb}(i,j) = \max_k |X_{ik} - X_{jk}|$$

Donde la distancia entre dos vectores es la mayor de las diferencias a lo largo de cualquier dimensión de coordenadas. Asimismo, se calculó la diversidad trófica de cada individuo de la rana toro considerando el sexo, edad y mes de muestreo con el índice de diversidad de Shannon (Pielou, 1975), el cual se define como:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Donde $p_i = n_i/N$, siendo n_i el número de individuos del taxón presa i en el estómago analizado según sea el caso (sexo, edad o mes de muestreo), y N el total de individuos de todos los taxones presa en el estómago analizado, según sea el caso (sexo, edad o mes de muestreo).

Los valores de LHC de la rana toro y tamaño de presa promedio consumido demostraron en ambos casos una distribución no normal de acuerdo con la prueba Shapiro-Wilk ($p = 0.004$ y 0.007 , respectivamente), por lo que se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman (Sokal & Rohlf, 1981) para determinar el grado de asociación entre el tamaño de la rana toro (con una proporcionalidad directa con la amplitud de la boca) y el tamaño promedio de presa consumida.

La diversidad de presas por estómago fue comparada entre meses de muestreo, sexos y edades utilizando pruebas no paramétricas de U de Mann-Whitney o Kruskal-Wallis, según sea el caso. Para determinar la relación de las variables ambientales y biónómicas sobre la proporción de consumo (%IIR) de las principales presas en la dieta de la rana toro, se

utilizó un análisis de componentes principales, considerando a los meses de muestreo como la variable de agrupamiento, como variables activas a las principales presas consumidas, LHC, peso del estómago, cuerpo graso y diversidad trófica por estómago, y como variables suplementarias a la temperatura del agua y aire, humedad relativa, velocidad del viento, pH, conductividad, y total de sólidos disueltos (TDS). Todos los análisis estadísticos los procesamos con el programa Statistica 8.0 (StatSoft, 2008) a un nivel de significancia $p = 0.05$.

RESULTADOS

Las variables ambientales registradas en los diferentes eventos de muestreo en el área de estudio se presentan en la Tabla 1, representando el muestreo de marzo a la estación de lluvias, en cambio los muestreos de mayo, junio, julio y septiembre a la estación de secas.

Recolectamos 65 individuos de rana toro (LHC de 51-205 mm), repartidos en 45 hembras, 20 machos, de los cuales 38 individuos fueron adultos y 27 juveniles. Identificamos un total de 224 presas que fueron clasificadas en 31 rubros alimenticios. De los rubros identificados 22 de ellos fueron insectos, dos pertenecieron a crustáceos (*P. clarkii* y Armadillidiidae), dos a arácnidos y uno a anfibios (*A. catesbeiana*). Los rubros restantes correspondieron a gasterópodos, mamíferos (*Peromyscus* sp.), peces (*Gambusia affinis*) y material vegetal (Tabla 2). Los resultados del índice de importancia relativa (%IIR), demostraron que los rubros alimenticios mejor representados en la dieta de la rana toro fueron el langostino rojo (*P. clarkii*) con el 44%, y los isópodos terrestres de la familia Armadillidiidae con el 24% (Tabla 2).

Al comparar la dieta entre sexos (Tabla 3), se observa que los machos ($n = 15$) tienen una fuerte preferencia por el langostino rojo (67%), mientras que las hembras ($n = 24$) tienen una dieta más equilibrada en el consumo de isópodos terrestres de la familia Armadillidiidae (32%) y el langostino rojo (33%). De igual forma al comparar la dieta entre juveniles ($n = 26$) y adultos ($n = 39$) de rana toro, es notable una preferencia marcada de los adultos por el consumo de presas grandes como el langostino rojo (85%), en cambio los juveniles lo hacen sobre presas más pequeñas como los isópodos terrestres de la familia Armadillidiidae (34%) y hormigas de la familia Formicidae (22%). En términos de la temporalidad, la dieta de la rana toro cambió a lo largo de los meses, siendo el langostino rojo la presa más consumida en los meses de primavera marzo (34%), mayo (72%) y septiembre (79%), mientras que en julio los isópodos terrestres Armadillidiidae (45%) y las hormigas Formicidae (18%) fueron las más consumidas (Tabla 3).

Table 1. Mean values of environmental variables recorded during bimonthly samplings for American bullfrogs in Ciénega Redonda, Tecate, Baja California, México.

Tabla 1. Valores promedio de variables ambientales registradas en los muestreos bimestrales para rana toro en Ciénega Redonda, Tecate, Baja California, México.

| Fecha | 19 marzo 2016 | 19 marzo 2016 | 18 julio 2016 | 18 septiembre 2016 |
|------------------------------------|---------------------|----------------------|---------------|--------------------|
| Hora | 20:45 | 20:00 | 20:25 | 20:46 |
| Condición meteorológica | Despejado con brisa | Parcialmente nublado | Despejado | Despejado |
| Temperatura del aire (°C) | 8.2 | 10.8 | 25.7 | 24.6 |
| Humedad relativa (%) | 71.4 | 79.7 | 52.2 | 53.0 |
| Velocidad del viento (km/h) | 2.0 | 7.8 | 2.2 | 1.5 |
| Temperatura del agua (°C) | 14.2 | 19.1 | 24.1 | 19.3 |
| pH | 7.77 | 7.8 | 8.25 | 9.03 |
| Conductividad (µS/cm) | 965 | 869 | 917 | 936 |
| TDS (ppm) | 965 | 475 | 624 | 668 |

La similitud alimentaria de la rana toro entre los meses de muestreo arrojó valores en todos los casos por debajo del 60%. De igual forma, la similitud de la dieta entre machos y hembras fue menor a 60% ($\alpha = 0.56$) pero entre hembras y juveniles la similitud trófica fue significativa con un valor de 67% ($\alpha = 0.67$). La diversidad de presas por estómago varió de 0 a 2.105 bits durante el período de estudio, con muchos casos (19) con valores de cero debido a la presencia de un solo tipo de presa, principalmente de langostino rojo. La diversidad trófica promedio (Tabla 3) fue similar entre meses de muestreo (prueba Kruskal-Wallis, $H = 5.773$, $p = 0.062$);

De igual manera, la diversidad promedio de presas por estómago fue similar entre hembras (0.993) y machos (0.628) (prueba *U* de Mann-Whitney, $U = 159.5$, $p = 0.229$). Sin embargo, cuando comparamos la diversidad promedio de presas por estómago a nivel de edades, los juveniles tuvieron una dieta más diversa (1.2023) en contraste con los adultos (0.477) (prueba *t* Student, $t = 3.860$, $p < 0.001$).



Table 2. Diet composition of exotic American bullfrogs (*Aquarana catesbeiana*) in Ciénega Redonda, Tecate, Baja California, during the months of March to September 2016. n= number of prey items identified and quantified, %FA= percent of occurrence frequency, %N= percent by number, %P= percent by weight, IIR= index of relative importance, and %IIR= percent of index of relative importance. Values in bold indicate types of prey with higher contribution to the diet.

Tabla 2. Composición de la dieta de rana toro exótica (*Aquarana catesbeiana*) en Ciénega Redonda, Tecate, Baja California, durante los meses de marzo a septiembre de 2016. n= Número de presas identificables contabilizadas, %FA= porcentaje de frecuencia de aparición, %N= porcentaje numérico, %P= porcentaje de peso, IIR= índice de importancia relativa, y %IIR= porcentaje del índice de importancia relativa. Valores en negritas indican los tipos de presas que tuvieron una mayor contribución en la composición de la dieta.

| Presa | n | %FA | %N | %P | IIR | %IIR |
|--------------------|----------|------------|-----------|-----------|------------|-------------|
| Insecta | | | | | | |
| Aeshnidae | 5 | 7.69 | 2.65 | 0.28 | 20.70 | 0.99 |
| Apidae | 11 | 7.69 | 5.75 | 0.61 | 44.86 | 2.16 |
| Carabidae | 4 | 29.23 | 2.21 | 0.45 | 65.12 | 3.13 |
| Chironomidae | 3 | 7.69 | 1.33 | 0.12 | 10.33 | 0.50 |
| Coccinellidae | 1 | 1.54 | 0.44 | 0.02 | 0.70 | 0.03 |
| Coenagrionidae | 8 | 7.69 | 3.54 | 0.48 | 27.71 | 1.33 |
| Corixidae | 2 | 3.08 | 0.88 | 0.03 | 2.75 | 0.13 |
| Dryopinae | 3 | 3.08 | 0.88 | 0.10 | 2.82 | 0.14 |
| Dytiscidae | 1 | 1.54 | 0.44 | 0.00 | 0.68 | 0.03 |
| Elateridae | 4 | 3.08 | 1.77 | 0.01 | 5.46 | 0.26 |
| Elmidae | 4 | 3.08 | 1.33 | 0.14 | 4.23 | 0.20 |
| Forficulidae | 4 | 3.08 | 0.88 | 0.03 | 2.76 | 0.13 |
| Formicidae | 22 | 9.23 | 8.85 | 0.06 | 81.75 | 3.93 |
| Haliplidae | 2 | 3.08 | 0.88 | 0.12 | 2.84 | 0.14 |
| Hydrophilidae | 9 | 10.77 | 3.54 | 0.77 | 38.89 | 1.87 |
| Leptoceridae | 1 | 1.54 | 0.44 | 0.01 | 0.69 | 0.03 |
| Muscidae | 7 | 3.08 | 1.33 | 0.02 | 4.11 | 0.20 |
| Pyralidae | 3 | 3.08 | 1.33 | 0.16 | 4.24 | 0.20 |
| Restos de insectos | 14 | 21.54 | 6.25 | 1.54 | 136.16 | 6.59 |
| Sphecidae | 3 | 3.08 | 1.77 | 0.30 | 5.75 | 0.28 |

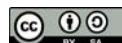


Table 2 (Cont.). Diet composition of exotic American bullfrogs (*Aquarana catesbeiana*) in Ciénega Redonda, Tecate, Baja California, during the months of March to September 2016. n= number of prey items identified and quantified, %FA= percent of occurrence frequency, %N= percent by number, %P= percent by weight, IIR= index of relative importance, and %IIR= percent of index of relative importance. Values in bold indicate types of prey with higher contribution to the diet.

Tabla 2 (Cont.). Composición de la dieta de rana toro exótica (*Aquarana catesbeiana*) en Ciénega Redonda, Tecate, Baja California, durante los meses de marzo a septiembre de 2016. n= Número de presas identificables contabilizadas, %FA= porcentaje de frecuencia de aparición, %N= porcentaje numérico, %P= porcentaje de peso, IIR= índice de importancia relativa, y %IIR= porcentaje del índice de importancia relativa. Valores en negritas indican los tipos de presas que tuvieron una mayor contribución en la composición de la dieta.

| Presa | n | %FA | %N | %P | IIR | %IIR |
|-----------------------------|----|-------|-------|-------|--------|--------------|
| Tenebrionidae | 1 | 1.54 | 0.44 | 0.00 | 0.68 | 0.03 |
| Vespidae | 3 | 3.08 | 1.34 | 0.08 | 4.20 | 0.20 |
| Arachnida | 11 | 4.62 | 2.21 | 0.12 | 10.33 | 0.50 |
| Pisauridae | 4 | 6.15 | 2.21 | 0.07 | 13.68 | 0.66 |
| Crustacea | | | | | | |
| Armadillidiidae | 39 | 29.23 | 17.26 | 0.70 | 505.13 | 24.28 |
| Procambarus clarkii | 37 | 49.23 | 16.37 | 85.52 | 890.24 | 43.48 |
| Teleostei | | | | | | |
| <i>Gambusia affinis</i> | 1 | 1.54 | 0.44 | 0.03 | 0.71 | 0.03 |
| Gastropoda | 3 | 1.54 | 1.34 | 0.05 | 2.11 | 0.10 |
| Amphibia | | | | | | |
| <i>Aquarana catesbeiana</i> | 1 | 1.54 | 0.45 | 7.62 | 8.31 | 0.40 |
| Mammalia | | | | | | |
| <i>Peromyscus sp.</i> | 1 | 1.54 | 0.45 | 0.58 | 1.27 | 0.06 |
| Material vegetal | 12 | 18.46 | 5.36 | 0.43 | 99.33 | 4.81 |

En lo que respecta al peso del cuerpo graso de los individuos, los valores promedio oscilaron entre 1.03 g en julio a 5.82 g en septiembre (Tabla 3), demostrando diferencias significativas entre los meses de muestreo (prueba Kruskal-Wallis, $H = 9.98$, $p = 0.019$). A nivel de sexos, los machos registraron un mayor peso promedio del cuerpo graso (4.70 g) en comparación con las hembras (1.83 g; prueba U de Mann-Whitney, $U = 257.5$, $p = 0.019$). Por edad, los adultos tuvieron un cuerpo graso promedio significativamente más desarrollado (4.49 g) en contraste con los

juveniles (0.09 g; prueba U de Mann-Whitney, $U = 174$, $p < 0.001$). La relación entre el tamaño de la rana toro (LHC) y el tamaño promedio de la presa consumida resultó ser no significativa ($r_s = 0.209$, $n = 39$, $p > 0.05$), lo cual indica que este anuro exótico no muestra una selección de las (presas por su tamaño y contenido energético).

En el análisis de componentes principales para determinar la relación de variables ambientales y bionómicas sobre las



Table 3. Percentage of index of relative importance (% IRI) of prey consumed by exotic American bullfrogs (*Aquarana catesbeiana*) in Ciénega Redonda, Tecate, Baja California. Values in bold indicate prey types with major contribution to the diet. The mean prey diversity per stomach and weight of body fat appears in the bottom of the table.

Tabla 3. Porcentaje de índice de importancia relativa (% IIR) de presas consumidas por rana toro exótica (*Aquarana catesbeiana*) en Ciénega Redonda, Tecate, Baja California. Valores en negritas indican los tipos de presas con mayor contribución a la dieta. Los valores promedio de diversidad de presas por estómago y peso de cuerpo graso aparecen al calce del cuadro.

| Taxa Presas | meses en 2016 | | | | Sexo | | Edad | |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|
| | Marzo n =15 | Mayo n = 20 | Julio n =15 | Sept. n=15 | Hembra n=24 | Macho n =15 | Adulto n =39 | Juvenil n =26 |
| Insecta | | | | | | | | |
| Aeshnidae | 3.68 | 0.00 | 1.01 | 0.46 | 0.73 | 1.94 | 0.09 | 2.12 |
| Apidae | 12.33 | 0.00 | 0.25 | 1.21 | 2.90 | 0.48 | 2.77 | 0.54 |
| Carabidae | 0.62 | 0.31 | 0.98 | 0.80 | 1.52 | 0.00 | 0.34 | 0.94 |
| Chironomidae | 0.00 | 0.00 | 0.76 | 0.00 | 0.19 | 0.00 | 0.00 | 0.38 |
| Coccinellidae | 0.00 | 0.31 | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.11 |
| Coenagrionidae | 0.63 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.39 | 0.00 | 0.08 | 4.01 |
| Corixidae | 0.61 | 0.00 | 6.76 | 0.00 | 0.24 | 0.00 | 0.08 | 0.14 |
| Dryopinae | 0.62 | 0.00 | 0.24 | 0.44 | 0.25 | 0.00 | 0.00 | 0.65 |
| Dytiscidae | 0.00 | 0.31 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.48 | 0.00 | 0.15 |
| Elateridae | 0.00 | 2.50 | 0.00 | 0.00 | 0.12 | 0.00 | 0.00 | 1.16 |
| Elmidae | 0.00 | 0.31 | 0.00 | 0.61 | 0.06 | 0.36 | 0.00 | 0.96 |
| Forficulidae | 0.00 | 0.31 | 0.24 | 0.00 | 0.24 | 0.00 | 0.08 | 0.16 |
| Formicidae | 0.61 | 0.31 | 18.36 | 0.35 | 7.15 | 0.00 | 0.00 | 22.12 |
| Haliplidae | 0.00 | 0.31 | 0.26 | 0.00 | 0.06 | 1.39 | 0.08 | 0.20 |
| Hydrophilidae | 1.24 | 3.78 | 0.26 | 0.00 | 2.92 | 0.00 | 0.77 | 2.99 |
| Leptoceridae | 0.61 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.15 |
| Muscidae | 0.00 | 0.62 | 0.24 | 0.00 | 0.36 | 0.00 | 0.00 | 0.30 |
| Pyralidae | 1.22 | 0.32 | 0.00 | 0.00 | 0.37 | 0.96 | 0.17 | 0.23 |
| Restos de insectos | 2.48 | 2.83 | 4.06 | 14.5 | 8.68 | 7.78 | 1.36 | 15.37 |
| Sphecidae | 0.00 | 0.00 | 0.77 | 0.55 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 1.36 |
| Tenebrionidae | 0.61 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.060 | 0.00 | 0.08 | 0.00 |
| Vespidae | 1.24 | 0.00 | 0.24 | 0.79 | 0.12 | 3.87 | 0.25 | 0.92 |
| Arachnida | 0.00 | 0.31 | 1.95 | 0.00 | 0.49 | 0.48 | 0.00 | 1.57 |
| Araneae | 0.00 | 0.00 | 5.81 | 0.40 | 1.43 | 0.97 | 0.17 | 2.42 |



Table 3 (Cont.).Percentage of index of relative importance (% IRI) of prey consumed by exotic American bullfrogs (*Aquarana catesbeiana*) in Ciénega Redonda, Tecate, Baja California. Values in bold indicate prey types with major contribution to the diet. The mean prey diversity per stomach and weight of body fat appears in the bottom of the table.

Tabla 3 (Cont.). Porcentaje de índice de importancia relativa (% IIR) de presas consumidas por rana toro exótica (*Aquarana catesbeiana*) en Ciénega Redonda, Tecate, Baja California. Valores en negritas indican los tipos de presas con mayor contribución a la dieta. Los valores promedio de diversidad de presas por estómago y peso de cuerpo graso aparecen al calce del cuadro.

| Taxa Presas | meses en 2016 | | | | Sexo | | Edad | |
|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|
| | Marzo n =15 | Mayo n = 20 | Julio n =15 | Sept. n=15 | Hembra n=24 | Macho n =15 | Adulto n =39 | Juvenil n =26 |
| Pisauridae | 0.00 | 3.75 | 0.00 | 0.37 | 0.54 | 0.00 | 0.08 | 1.75 |
| Crustacea | | | | | | | | |
| Armadillidiidae | 21.46 | 6.25 | 44.5 | 0.98 | 31.50 | 8.68 | 6.43 | 33.66 |
| <i>Procambarus clarkii</i> | 34.20 | 71.7 | 12.6 | 78.6 | 32.98 | 66.60 | 84.75 | 33.66 |
| Teleostei | | | | | | | | |
| <i>Gambusia affinis</i> | 0.62 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.16 |
| Gastropoda | 1.85 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.18 | 0.00 | 0.00 | 0.46 |
| Amphibia | | | | | | | | |
| <i>Lithobates catesbeianus</i> | 0.00 | 0.72 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.31 | 0.00 |
| Mammalia | | | | | | | | |
| <i>Peromyscus sp.</i> | 0.00 | 0.00 | 0.43 | 0.00 | 0.00 | 0.55 | 0.00 | 0.56 |
| Material vegetal | 15.36 | 5.00 | 0.25 | 0.00 | 3.84 | 1.93 | 2.09 | 2.59 |
| Diversidad trófica | 0.881 | 0.145 | 0.314 | 0.769 | 0.993 | 0.628 | 0.478 | 1.202 |
| Cuerpo graso (g) | 2.72 | 2.42 | 1.03 | 5.82 | 1.83 | 4.70 | 4.49 | 0.09 |

presas más consumidas por la rana toro, el primer y segundo factor explicaron de manera combinada el 73.52% de la variación observada (41.37% y 32.15%, respectivamente). Basado en correlaciones, las variables activas que más contribuyeron en el componente (factor) 1 fueron el consumo de las presas Formicidae (0.258), Armadillidiidae (0.247) y langostino rojo (0.205); mientras que en componente 2 fueron el consumo de material vegetal (0.283), la LHC (0.266) y el consumo de Apidae (0.178).

En la figura 2 se ilustra la proyección de coordenadas de factor basadas en correlaciones de las variables activas y suplementarias que explican la variación de la dieta de la rana toro. En esta

destaca una correlación inversa significativa ($p < 0.05$) entre el consumo de langostino rojo y el consumo de las presas terrestres Armadillidiidae ($r = -0.976$) y Formicidae ($r = -0.791$), respectivamente (ver matriz de correlación en Tabla 4). Así mismo, en la correlación entre variables activas y suplementarias (Tabla 4), el consumo de langostino mostró una relación directa con el peso del cuerpo graso ($r = 0.770$). Por su parte, el mayor consumo de material vegetal fue asociado directamente con el consumo de Apidae (0.924) y la LHC ($r = 0.669$), pero mostró una relación inversa con la temperatura del agua ($r = -0.867$) y del aire ($r = -0.870$). La diversidad trófica por estómago estuvo asociada positivamente con el consumo de Apidae ($r = 0.729$) y con el peso del cuerpo graso ($r = 0.573$). Finalmente, el peso del cuerpo graso

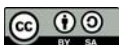
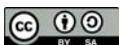


Table 4. Multiple correlation matrix (Pearson, r) among active (bionomic) and supplementary (environmental) variables on the diet composition of the American bullfrog (*Aquarana catesbeiana*) at Ciénega Redonda, Tecate, Baja California, México. Values of significant correlation ($p < 0.05$) depicted in bold.

Tabla 4. Matriz de correlación múltiple (Pearson, r) entre variables activas (bionómicas) y suplementarias (ambientales) en la composición de la dieta de la rana toro (*Aquarana catesbeiana*) en Ciénega Redonda, Tecate, Baja California, México. Valores de correlación significativos ($p < 0.05$) señalados en negrillas.

| | Mat. Vegetal | Armadill | Apidae | Formicidae | LHC | Peso estomacal | Cuerpo graso | Diver. trófica | Temp. Aire | Humedad rel. | Veloc. Viento | Temp. Agua | pH | Conduct. | TDS |
|----------------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|----------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <i>Procambarus clarkii</i> | -0.190 | -0.976 | -0.286 | -0.791 | -0.071 | 0.421 | 0.770 | 0.030 | -0.120 | 0.274 | 0.389 | -0.273 | 0.363 | 0.328 | -0.335 |
| Material vegetal | | 0.013 | 0.924 | 0.443 | 0.669 | 0.361 | -0.173 | 0.455 | -0.870 | 0.637 | 0.011 | -0.867 | -0.689 | 0.459 | 0.221 |
| Armadillidae | | | 0.071 | 0.902 | -0.005 | -0.438 | -0.798 | -0.196 | 0.269 | -0.355 | -0.323 | 1.0474 | -0.279 | 0.170 | 0.219 |
| Apidae | | | | -0.345 | 0.341 | -0.010 | -0.012 | 0.729 | -0.626 | 0.303 | -0.369 | -0.832 | -0.426 | 0.764 | 0.576 |
| Formicidae | | | | | -0.27 | -0.529 | -0.654 | -0.392 | 0.607 | -0.577 | -0.272 | 0.804 | 0.036 | -0.067 | 0.079 |
| LHC | | | | | | 0.854 | -0.546 | -0.343 | -0.894 | 0.936 | 0.710 | -0.443 | -0.955 | -0.340 | -0.558 |
| Peso estomacal | | | | | | | -0.190 | -0.472 | -0.773 | 0.949 | 0.926 | -0.363 | -0.668 | -0.629 | 0.801 |
| Cuerpo graso | | | | | | | | 0.573 | 0.186 | -0.228 | -0.288 | -0.325 | 0.727 | 0.280 | 0.330 |
| Diversidad trófica | | | | | | | | | -0.079 | -0.243 | -0.757 | -0.642 | 0.306 | 0.933 | 0.884 |
| Temperatura aire | | | | | | | | | | -0.933 | -0.491 | 0.797 | 0.809 | 0.012 | 0.265 |
| Humedad relativa | | | | | | | | | | | 0.771 | -0.588 | -0.796 | -0.368 | -0.590 |
| Velocidad viento | | | | | | | | | | | | 0.014 | -0.535 | -0.876 | -0.968 |
| Temperatura agua | | | | | | | | | | | | | 0.354 | -0.476 | -0.262 |
| pH | | | | | | | | | | | | | | 0.198 | 0.404 |
| Conductividad | | | | | | | | | | | | | | | 0.967 |



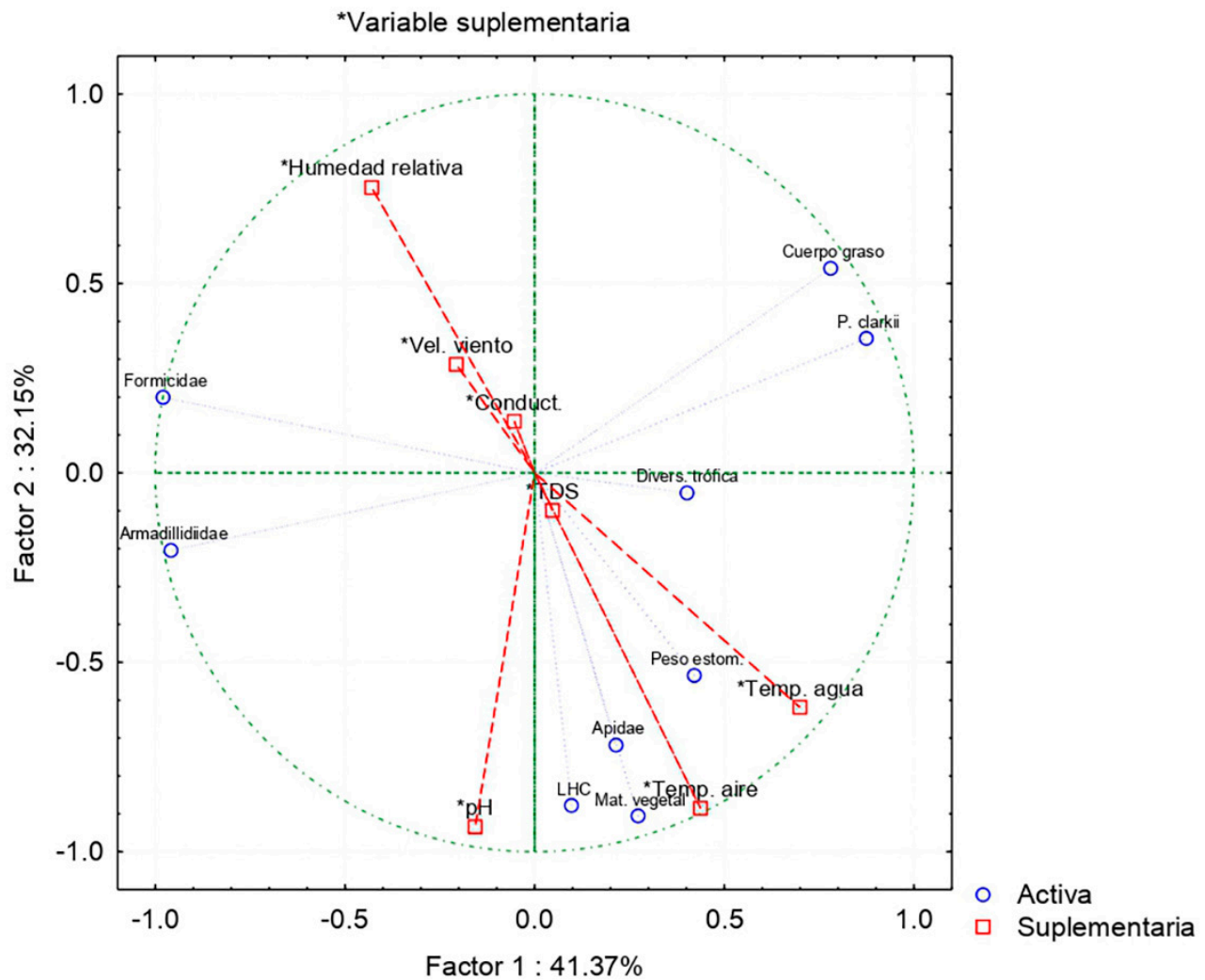


Figure 2. Projection of active and supplementary variables on the factor-plane 1 and 2, derived from principal component analysis for diet composition of the exotic American bullfrog (*Aquarana catesbeiana*) in Ciénega Redonda, Tecate, Baja California, Mexico.

Figura 2. Proyección de variables activas y suplementarias sobre el plano factorial 1 y 2, derivado del análisis de componentes principales para la composición de la dieta de la rana toro exótica (*Aquarana catesbeiana*) en Ciénega Redonda, Tecate, Baja California, México.

mostró una relación inversa significativa con el consumo de Armadillidiidae ($r = -0.798$) y Formicidae ($r = -0.654$) (Tabla 4).

DISCUSIÓN

El principal componente alimenticio de la rana toro en la Ciénega Redonda fue el langostino rojo, siendo el rubro alimenticio más abundante en los estómagos analizados y que podría estar relacionado con la alta abundancia observada por este crustáceo

exótico en este humedal. Similar a lo reportado por otros autores (Hirai, 2004; Ortiz-Serrato et al., 2014; Quiroga et al., 2015; Bissattini & Vignoli, 2017; Bissattini et al., 2018), los adultos de la rana toro en el área de estudio mostraron un consumo preferencial por langostino rojo en situaciones de compartición de hábitat.

Los resultados de la comparación en la composición de la dieta por mes demostraron diferencias significativas, lo que

concuera con Hirai (2004) y Jancowsky & Orchard (2013), quienes afirman que la dieta en adultos de rana toro cambia con la estacionalidad climática y la disposición del alimento. En este sentido, el mayor consumo de langostino rojo se debe a su mayor disponibilidad en el cuerpo de agua durante los meses de marzo, mayo y septiembre, excepto en julio cuando la dieta fue más diversa (especialmente en juveniles) y sesgada hacia presas de origen terrestre (63%) como Armadillidiidae y Formicidae.

La rana toro es conocida por una dieta de tipo oportunista (Toledo et al., 2007; Leivas et al., 2012; Jancowski & Orchard, 2013) o generalista (Leivas et al., 2012; Quiroga et al., 2015) y que es dependiente de la disponibilidad de presas en el ambiente (Werner et al., 1995). Por ello, los adultos al ser territoriales tienden a consumir a los langostinos rojos en el ambiente acuático, mientras que los juveniles tienden a consumir las presas terrestres en el hábitat ribereño (Gahl et al., 2009; Ortiz-Serrato et al., 2014; Laufer et al., 2021).

Referente a la depredación sobre especies de anuros nativos, al igual que Smith (1977) y Ortiz-Serrato et al., (2014), no se registró en los análisis de la dieta la presencia de anuros nativos, lo cual posiblemente se debe a que el langostino rojo es abundante en este sitio, o bien a la baja abundancia de anuros nativos. En este sentido, ha sido documentado para otras regiones geográficas que la presencia del langostino rojo exótico podría estar mitigando el impacto de depredación de la rana toro sobre los anfibios nativos (Bissattini et al., 2018).

En cuanto a sexos, las hembras de rana toro consumieron una mayor riqueza de presas de origen terrestre en comparación con los machos, una tendencia que ha sido también reportada para esta especie en otros sitios de su distribución no nativa (Wu et al., 2005; Ortiz-Serrato et al., 2014), lo cual podría indicar un mayor uso del hábitat ribereño por las hembras para el forrajeo (Gahl et al., 2009), en comparación con los machos territoriales que muestran una marcada preferencia por el consumo de langostino rojo (%IIR= 67) en el espejo de agua (Wu et al., 2005).

Los adultos de rana toro mantienen mayor preferencia por el consumo del langostino rojo (85%) especializando más su dieta, en comparación con los juveniles que prefieren el consumo de otros grupos como insectos, arácnidos y crustáceos (Ortiz-Serrato et al., 2014). Es importante destacar la dominancia de isópodos terrestres Armadillidiidae y hormigas Formicidae en la dieta de los juveniles de rana toro, un resultado que ha sido también reportado en los juveniles de rana toro en una localidad cercana a la costa del noroeste de Baja California (Ortiz-Serrato et al., 2014).

Contrario a lo reportado por Ortiz-Serrato et al. (2014) sobre la similitud significativa de la dieta entre sexos de la rana toro, determinamos que la dieta de esta especie sí exhibe diferencias significativas entre meses de muestreo y sexos. Lo anterior es consistente con cambios en el consumo y repertorio de los tipos de presa en función de su disponibilidad en el ambiente (Ortiz-Serrato et al., 2014; Leivas et al., 2012; Quiroga et al., 2015; Jancowski & Orchard, 2013).

Los juveniles de rana toro exhiben una diversidad trófica más alta en contraste con los adultos, dado que incluyen una mayor variedad de presas de origen terrestre que las obtienen del hábitat ribereño. Este resultado difiere al reportado por Quiroga et al. (2015) y Laufer et al. (2021), quienes detectaron una mayor riqueza de presas consumidas en adultos en comparación con los juveniles.

En lo que respecta a la relación del tamaño de presa consumida y el tamaño de la rana toro, se muestra una relación positiva no significativa, lo cual indica que el tamaño promedio de presa consumida es independiente del tamaño del depredador, contrario a lo reportado para esta misma especie por Wu et al. (2005) y Ortiz-Serrato et al. (2014). Un resultado similar de independencia del tamaño de presa consumida y la talla de la rana toro fue reportada también por Liu et al. (2015) en el suroeste de China. Este efecto de independencia entre el tamaño de presa consumida y la talla de la rana toro podría ser explicado por el amplio nicho alimentario que posee esta especie invasora (Peterson et al., 2013; Toledo et al., 2007; Jancowski & Orchard, 2013) que le confiere una estrategia generalista u oportunista para aprovechar los recursos tróficos más disponibles en el ambiente (Ortiz-Serrato et al., 2014; Leivas et al., 2012; Jancowski & Orchard, 2013; Quiroga et al., 2015).

A pesar de que la rana toro es conocida a tener una considerable amplitud de nicho trófico (Peterson et al., 2013; Toledo et al., 2007; Ruibal & Laufer, 2012; Jancowski & Orchard, 2013; Laufer et al., 2023), nuestros resultados demuestran la preferencia por dos rubros alimenticios que incluyen al langostino rojo (*P. clarkii*), y los isópodos terrestres (familia Armadillidiidae). Werner et al. (1995), demostraron que, aunque la rana toro consume una amplia variedad de presas, algunas presas tienden a dominar su dieta, lo que se encuentra directamente relacionado con su disponibilidad en relación con la presencia de otras presas. El consumo de isópodos terrestres (Armadillidiidae) ocurre principalmente por los juveniles en el hábitat ribereño, durante los meses de secas (julio y septiembre). En este sentido, Bissattini & Vignoli (2017), demostraron que en los sitios en los que se encuentra presente el langostino rojo la

rana toro tiende a disminuir el consumo generalista de presas, incrementando su grado de especialización alimenticia.

Otro aspecto importante a resaltar es la influencia de factores ambientales sobre la composición alimentaria de la rana toro en el sitio de estudio, manifestándose que el incremento de la temperatura del aire y del agua disminuyen el consumo de material vegetal e insectos de la familia Apidae, mientras que el peso del cuerpo graso se incrementa con el mayor consumo de langostino rojo antes del periodo de brumación (Wright, 2011), pero disminuye cuando aumenta el consumo de Armadillidiidae y Formicidae.

En suma, la composición de la dieta de rana toro en Ciénega Redonda, Tecate, Baja California, está representada principalmente por la especie introducida del langostino rojo (*P. clarkii*), y los isópodos terrestres (familia Armadillidiidae), demostrando cambios entre los sexos, edades y épocas del año, como resultado de la amplia plasticidad trófica de este anfibio invasor en el uso de recursos presa disponibles en este humedal de montaña.

Agradecimientos.– Esta investigación fue apoyada por Jiji Foundation, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (beca número 629090 al primer autor) y el Laboratorio de Vertebrados de la Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California. Agradecemos a I.A. Meza-Matty, U.J. Balderas-Mancilla, Liliana Ortiz-Serrato y N. González-Morales por su apoyo en el trabajo de campo. A Ivonne Diego del Rancho Ciénega Redonda por permitir el acceso al sitio de estudio. Finalmente agradecemos a Gabriel Barrios-Quiroz y dos revisores anónimos por sus valiosos comentarios al manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Romero, J., R.A. Medellín, H. Gómez de Silva & A. Oliveras de Ita. 2005. Ficha técnica de *Rana catesbeiana*. Vertebrados Superiores Exóticos en México: Diversidad, Distribución y Efectos potenciales. Informe final SNIB-CONABIO, Proyecto Uo20. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Bailey, R.G. 1998. Ecoregions Map of North America: Explanatory Note. U.S. Department of Agriculture, Forest Service Miscellaneous Publication 1548. Washington, D. C., USA.
- Barbosa F.G., C. Both, M.B. Araujo. 2017. Invasive American bullfrogs and African clawed frogs in South America: high suitability of occurrence in biodiversity hotspots. *Zoological Studies* 56:e28.
- Batista, M., M. Silva & C. Barreto. 2015. Effects of introduction and decline of a Bullfrog population (*Lithobates catesbeianus*) in a community of amphibians in the Cerrado from Central Brazil. *Herpetology Notes* 8:263-265.
- Bissattini, A.M. & L. Vignoli. 2017. Let's eat out, there's crayfish for dinner: American bullfrog niche shifts inside and outside native ranges and the effect of introduced crayfish. *Biological Invasions* 19:2633-2646.
- Bissattini, A.M., V. Buono & L. Vignoli. 2018. Field data and worldwide literature review reveal that alien crayfish mitigate the predation impact of the American bullfrog on native amphibians. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 28:1465-1475.
- Both, C. & T. Grant. 2012. Biological invasions and the acoustic niche: the effect of bullfrog calls on acoustic signals of Whitebanded tree frogs. *Biology Letters* 8:714-716.
- Chang, B., I. Kim, K. Choi, W. Cho & D.W. Ko. 2022. Population dynamics of American Bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) and implications for control. *Animals* 12:2827.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2015. Sistema de Información Geográfica del Agua Subterránea. Actualización de la Disponibilidad Media Anual de Agua en el Acuífero Tecate (0202), Estado de Baja California, Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas. Diario Oficial de la Federación 20 de abril de 2015, México, D.F.
- Delgadillo, J. 1997. Florística y Ecología del Norte de Baja California, 2da edición. Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, México.
- Duellman, W.E. & L. Trueb. 1986. *Biology of amphibians*. Mc Graw-Hill Books Co., New York, New York, USA.
- Dumas, P.C. 1966. Studies of the *Rana* species complex in the Pacific Northwest. *Copeia* 1966:60-74.
- Ficetola, G.F., W. Thuiller & C. Miaud. 2007. Prediction and validation of the potential global distribution of a problematic alien invasive species—the American bullfrog. *Diversity and Distribution* 13:476-485.
- Gahl, M.K., A.J. Calhoun, R. Graves. 2009. Facultative use of seasonal pools by American bullfrogs (*Rana catesbeiana*). *Wetlands* 29:697-703.

- Gatica-Colima, A. & S. Ramos-Guerra. 2014. Ecología alimentaria de la rana toro *L. catesbeianus* (Shaw, 1802) en el noroeste de Chihuahua, México. Pp. 411-429. En A.M. Low, P.A. Quijón & E. Peters (Eds.), *Especies Invasoras Acuáticas. Casos de Estudio en Ecosistemas de México*. SEMARNAT, INECC-SEMARNAT y UPEI, México.
- Hall, E.R. 1962. Collecting and preparing study specimens of vertebrates. *Miscellaneous publication, University of Kansas, Museum of Natural History* 30:1-46.
- Hammerson, G.A. 1982. Bullfrog eliminating leopard frogs in Colorado? *Herpetological Review* 13:115-116.
- Hirai, T. 2004. Diet composition of introduced bullfrog, *Rana catesbeiana*, in the Mizorogaike pond of Kyoto. *Japan. Ecological Research* 19:375-380.
- Jancowski, K. & S.A. Orchard. 2013. Stomach contents from invasive American bullfrogs (*Lithobates catesbeianus*) on southern Vancouver Island, British Columbia, Canada. *NeoBiota* 16:17-37.
- Kraus, F. 2009. *Alien Reptiles and Amphibians: a Scientific Compendium and Analysis. Invading nature: Springer series in invasion ecology, Vol. 4*. Springer, Dordrecht, Netherlands.
- Kupferberg, S.J. 1997. Bullfrog (*Rana catesbeiana*) invasion of a California river: The role of larval competition. *Ecology* 78:1736-1751.
- Laufer, G. & N. Gobel. 2017. Habitat degradation and biological invasions as a cause of amphibian richness loss: a case report in Acajú, Cerro Largo, Uruguay. *Phyllomedusa* 16:289-293.
- Laufer, G., N. Gobel, M. Berazategui, M. Zarucki, S. Cortizas, A. Soutullo, C. Martinez-Debat & R.O. De Sá. 2021. American bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) diet in Uruguay compared with other invasive populations in Southern South America. *North-Western Journal of Zoology* 17: e211502.
- Laufer, G., N. Gobel, N. Kacevas & I. Lado. 2023. American bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) distribution, impact on native amphibians and management priorities in San Carlos, Uruguay. *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems* 424:20.
- Lawler, S.P., D. Dritz, T. Strange & M. Holyoak. 1999. Effects of introduced mosquitofish and bullfrogs on the threatened California Red-Legged Frog. *Conservation Biology* 13:613-622.
- Lavin, P.A., D. Lazcano & H. Gadsden. 2014. Anfibios y reptiles exóticos y traslocados invasores. Pp. 435-441. En: R. Mendoza & P. Koleff (Coords) *Especies Acuáticas Invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Ciudad de México, México.
- Lee, D.S. 1969. Notes on the feeding behavior of cave-dwelling bullfrogs. *Herpetologica* 25:211-212.
- Leivas, P.T., F.W.T. Leivas & M.O. Moura. 2012. Diet and trophic niche of *Lithobates catesbeianus* (Amphibia: Anura). *Zoologia* 29:405-412.
- Lever, C. 2003. *Naturalized Reptiles and Amphibians of the World*. Oxford University Press, New York, New York, USA.
- Liu, X, Y. Luo, J. Chen, Y. Guo, C. Bai & Y. Li. 2015. Diet and prey selection of the invasive American bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) in Southwestern China. *Asian Herpetological Research* 6:34-44.
- Lowe, S., M. Browne, S. Boudjelas & M. De Poorter. 2000. 100 of the World's Worst Invasive Alien Species: a Selection from the Global Invasive Species Database. The Invasive Species Specialist Group (ISSG), 11.
- McCafferty, W.P. 1981. *Aquatic Entomology. The Fisherman's and Ecologists Illustrated Guide to Insects and Their Relatives*. Jones and Bartlett Publishers, Boston, Massachusetts, USA.
- Merritt, R.W., K.W. Cummins & M.B. Berg. 2008. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 4th Edition. Kendall Hunt Publishing Co., Dubuque, Iowa, USA.
- Moyle, P.B. 1973. Effects of introduced bullfrogs, "*Rana catesbeiana*", on the native frogs of the San Joaquin Valley, California. *Copeia* 1973:18-22.
- Ortiz-Serrato, L., G. Ruiz-Campos & J.H. Valdez-Villavicencio. 2014. Diet of the exotic American bullfrog, *Lithobates catesbeianus*, in a stream of Northwestern Baja California, Mexico. *Western North American Naturalist* 74:116-122.
- Pearl, C.A.; M.J. Adams; R.B. Bury & B. McCreary. 2004. Asymmetrical effects of introduced Bullfrogs (*Rana catesbeiana*) on native ranid frogs in Oregon. *Copeia* 2004:11-20.
- Peterson, A.C., K.L.D. Richgels, P.T. Johnson & V.J. McKenzie. 2013. Investigating the dispersal routes used by an invasive amphibian, *Lithobates catesbeianus*, in human-dominated landscapes. *Biological Invasions* 15:2179-2191.

- Pielou, E.C. 1975. Ecological Diversity. John Wiley & Sons, New York, New York, USA.
- Pinkas, L., M.S. Oliphant & I.L.K. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. State of California, Department of Fish and Game, Fish Bulletin 152:11-105.
- Pisani, G.R. 1973. A Guide to Preservation Techniques for Amphibians and Reptiles. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Miscellaneous Publications, Herpetological Circular No. 1:1-22.
- Quiroga, L.B., M.D. Moreno, A.A. Cataldo, J.H. Aragón-Traverso, M.V. Pantano, J.P. Segundo-Olivares & E.A. Sanabria. 2015. Diet composition of an invasive population of *Lithobates catesbeianus* (American Bullfrog) from Argentina. Journal of Natural History 49:1703-1716.
- Ruibal, M. & G. Laufer. 2012. Bullfrog *Lithobates catesbeianus* (Amphibia: Ranidae) tadpole diet: description and analysis for three invasive populations in Uruguay. Amphibia-Reptilia 33:355-363.
- Schloegel, L.M., A.M. Picco, A.M. Kilpatrick, J. Davies, A.D. Hyatt & P. Daszak. 2009. Magnitude of the US trade in amphibians and presence of *Batrachochytrium dendrobatidis* and ranavirus infection in imported North American bullfrogs (*Rana catesbeiana*). Biological Conservation 142:1420-1426.
- Schoener, T.W. 1970. Non-synchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. Ecology 51:408-418.
- Shaw, G. 1802. General Zoology or Systematic Natural History. Volume III, Part 1. Amphibia. Thomas Davison, London, UK.
- Smith, A.K. 1977. Attraction of bullfrogs (Amphibia, Anura, Ranidae) to distress calls of immature frogs. Journal of Herpetology 11:234-235.
- Sokal, R.R. & F.J. Rohlf. 1981. Biometry, the Principles and Practice of Statistics in Biological Research. 2nd Edition. W.H. Freeman and Company, San Francisco, California, USA.
- StatSoft. 2008. Statistica for Windows (Data Analysis Software System), Version 8.0. 298 p. Computer Program Manual, Quick Reference. Statsoft. Inc., Tulsa, Oklahoma, USA.
- 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.
- Usinger, R.L. (Ed.). 1968. Aquatic Insects of California: with Keys to North American Genera and California Species. University of California Press, Berkeley, California, USA.
- Wallace, R.K. Jr. 1981. An assessment of diet-overlap indexes. Transactions of the American Fisheries Society 110:72-76.
- Werner, E.E., G.A. Wellborn & M.A. McPeck. 1995. Diet composition in postmetamorphic bullfrogs and green frogs: implications for interspecific predation and competition. Journal of Herpetology 29:600-607.
- Wright, M.L., S.E. Richardson & J.M. Bigos. 2011. The fat body of bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) tadpoles during metamorphosis: Changes in mass, histology, and melatonin content and effect of food deprivation. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology 160:498-503.
- Wu, Z., Y. Li, Y. Wang & M.J. Adams. 2005. Diet in introduced bullfrogs (*Rana catesbeiana*): Predation on and diet overlap with native frogs on Daishan Island, China. Journal of Herpetology 39:668-674.
- Xuan L., Y. Luo, J. Chen., Y. Guo, C. Bai & L. Yiming. 2015. Diet and prey selection of the invasive American bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) in Southwestern China. Asian Herpetological Research 6:34-44.
- Zaret, T.M. & A.S. Rand. 1971. Competition in tropical stream fishes: support for the competitive exclusion principle. Ecology 52:336-342.



NEW DISTRIBUTIONAL RECORDS FOR AN ENDANGERED TURTLE, *CLAUDIUS ANGUSTATUS* (REPTILIA: TESTUDINES), AND NOTES ON ITS THREATS IN VERACRUZ, MEXICO

NUEVOS REGISTROS DE DISTRIBUCIÓN DE UNA TORTUGA EN PELIGRO DE EXTINCIÓN, *CLAUDIUS ANGUSTATUS* (REPTILIA: TESTUDINES), Y NOTAS SOBRE SUS AMENAZAS EN VERACRUZ, MÉXICO

Angel I. Contreras-Calvario^{1,2}, Abigail Mora-Reyes^{2,3}, Axel Fuentes-Moreno⁴, Medardo Arreortúa^{1,*}, Erasmo Cázares-Hernández⁵, Felipe A. Lara-Hernández⁶, Marco A. López-Luna⁷

¹Instituto Politécnico Nacional. CIIDIR Unidad Oaxaca. Laboratorio de Ecología de Anfibios (ECA), Hornos 1003, Col. Noche Buena, 71230, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México.

²Herpetario de Veracruz. PIMVS. Veracruz, México.

³Comisión Federal de Electricidad. Residencia de Obra Zona Tabasco-Chiapas, México.

⁴Biólogo independiente, Río Jamapa 570A, Las Vegas 2, Boca del Río, Veracruz, C.P. 94297.

⁵Instituto Tecnológico Nacional de México, Campus Zongolica, Colección Científica ITSZ. Km. 4 Carretera a la compañía S/N Tepetitlanapa, Zongolica, Veracruz, México. C.P. 95005.

⁶Herpetario Palancoatl, Av. 19 No. 5225, Col. Nueva Esperanza, Córdoba, Veracruz, México, C.P. 94590

⁷División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Villahermosa-Cárdenas km 0.5 Villahermosa, Tabasco, México, C.P. 86039

*Correspondence: medardo.am@hotmail.com

Received: 2024-02-12. Accepted: 2024-03-18. Published: 2024-04-16.

Editor: Rodrigo Macip Ríos, México.

Resumen. – *Claudius angustatus* es una especie de tortuga de agua dulce en peligro de extinción. En este trabajo aportamos nuevos registros que amplían 25.1 km su distribución geográfica y aumentan en 209 m el rango altitudinal de la especie. Destacamos el hecho de que la mayoría de estos datos provienen de zonas altamente modificadas por acciones humanas, principalmente debido a la industria y cultivo de caña de azúcar.

Palabras clave. – Región de las Altas Montañas, tortuga de agua dulce, hábitat perturbado, cultivo de caña de azúcar, urbanización.

Abstract. – *Claudius angustatus* is an endangered species of freshwater turtle. In this work, we provide new records that increase its geographical distribution by 25.1 km and increase the altitudinal range by ca. 209 m. We highlight the fact that most of these data come from areas highly modified by human actions, mainly due to the sugar cane industry and cultivation.

Key words. – Altas Montañas region, disturbed habitat, freshwater turtle, sugarcane cultivation, urbanization.

Claudius angustatus or Chopontil, is classified as Endangered according to the official Mexican legislation NOM-ECOL-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2019), and is designated as Near Threatened by the Red List of the International Union of Conservation of Nature (IUCN). These assessments were based only on factors relating to habitat decline, which was identified as its primary threat. Although information regarding the trade and exploitation of *C. angustatus* is not considered within the risk assessments generated by the IUCN (IUCN, 1996), it

is known that this species has experienced declines which can be attributed to human consumption, illegal collection for the pet trade, and road mortality, as well as destructive land use practices relating to unregulated agricultural activities (Macip-Ríos et al., 2015; Reynoso et al., 2016). As a result, *C. angustatus* is poorly studied, with few investigations specifically addressing aspects of its natural history and ecology (Reynoso et al., 2016; Legler & Vogt, 2013).

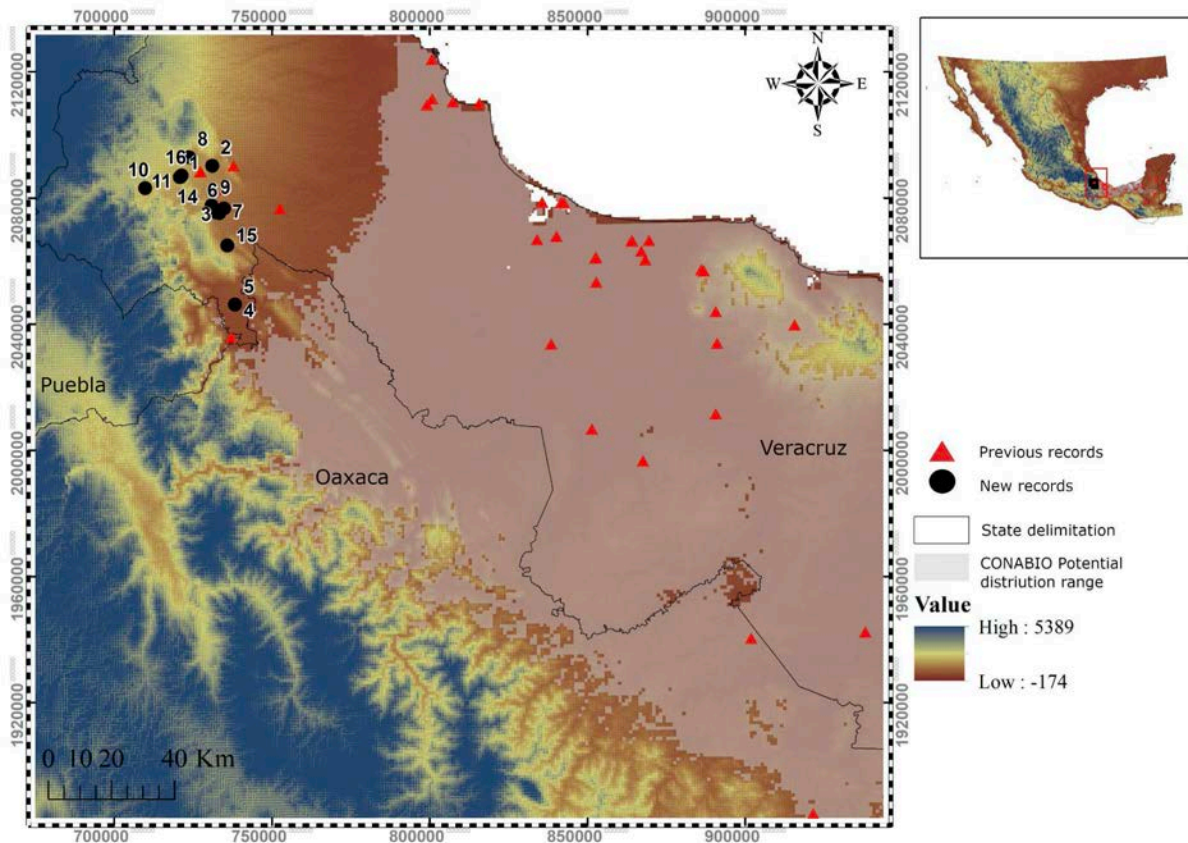


Figura 1. Mapa de la distribución actual de *Claudius angustatus*. / Figure 1. Current distribution map of *Claudius angustatus*.

This species has a known altitudinal range that extends from sea level to ca. 611 m a.s.l. It has a broad geographic distribution encompassing the coastal plain in the Gulf of Mexico, from the Actopan and La Antigua river basins (northern portion of the city of Veracruz), through the main basins of the states of Tabasco, Chiapas, Campeche, Yucatán, and Quintana Roo in México, south through parts of Belize in the Toledo Stann Creek District, large parts of Cayo District south of San Ignacio, and far northern Belize in Corozal District, and in the northeast of Guatemala (Legler & Vogt, 2013; Vertnet, 2016; Vásquez-Cruz & Reynoso-Martínez, 2020; Munscher et al., 2022).

In this study, we present new records of *C. angustatus* in the region of the Altas Montañas, Veracruz, México. This region is recognized by its elevational range of sea level to 5745 m (Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0; INEGI, 2013). To determine age and differentiate between sexes, we followed Flores-Villela & Zug (1994). We collected GPS data and documented observations through photographs, which were submitted to the Colección

Nacional de Anfibios y Reptiles (CNAR). A map with all the known records was generated using ArcGIS software (ESRI, 2019. ArcGIS Desktop: Version 10.4), incorporating known and curated records (De la Torre-Loranca et al., 2020; Vásquez-Cruz & Reynoso-Martínez, 2020; Kelly-Hernandez & Vasquez-Cruz, 2021; Cervantes-Lopez et al., 2021; GBIF, 2023) with our new distributional records presented herein (Fig. 1).

New records:

1. Peñuela, Amatlán de los Reyes (18.8610° N, 96.9025° W, 752 m a.s.l.). 07 November 2006. An adult female (IBH-RF-578) found in an artificial drainage channel at the edge of a sugarcane field at 12:00 h. This site is a suburban area within a broader agricultural matrix.

2. Villa General Miguel Alemán, Atoyac (18.8909° N, 96.8066° W, 537 m a.s.l.). 05 August 2013. 20:00 h. Single unsexed adult crossing a dirt road following heavy rain.

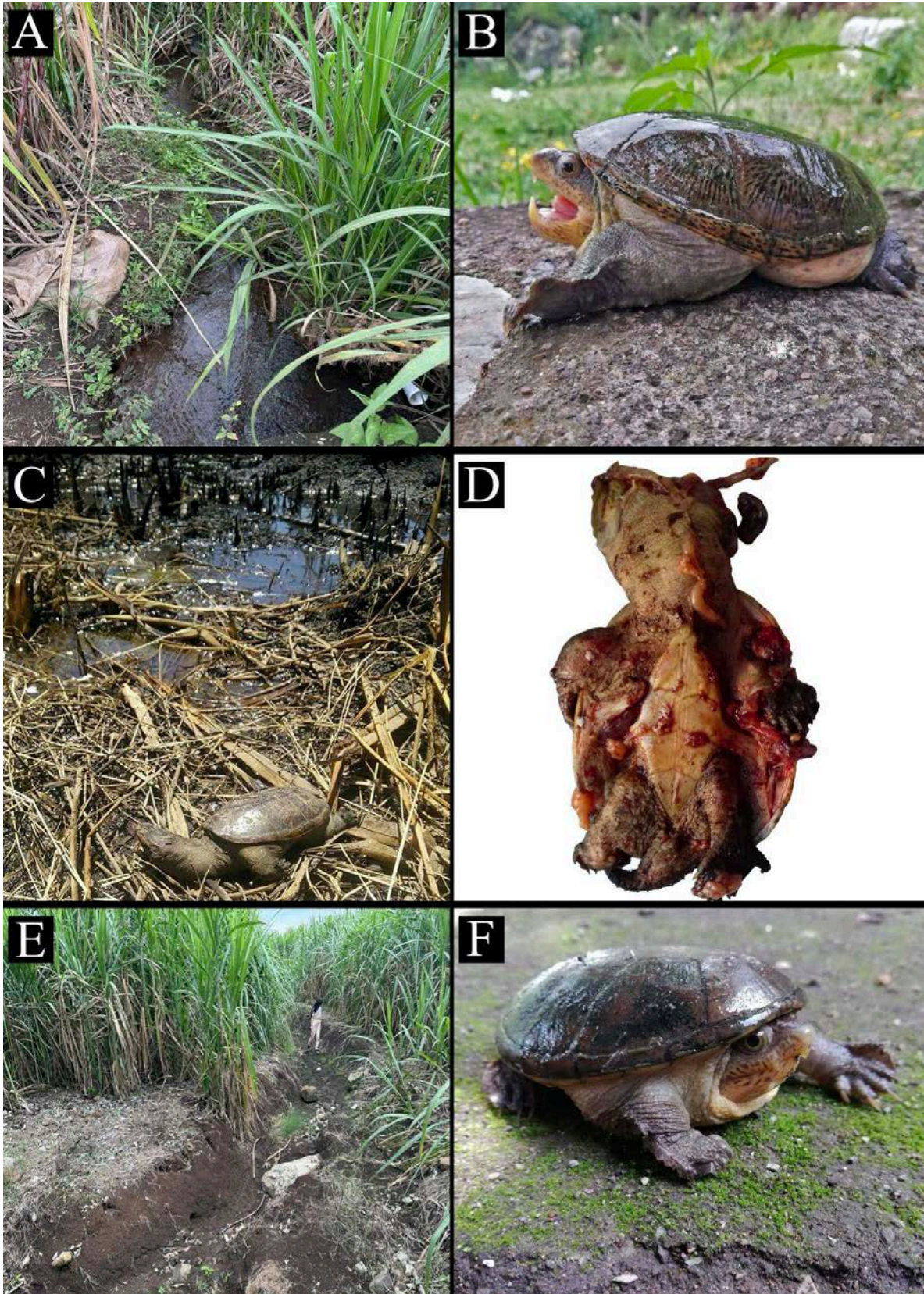


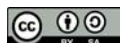
Figura 2. A) Canal de riego para caña de azúcar usado como hábitat por *Claudius angustatus*. B) Ejemplar de *Claudius angustatus*. C) *Claudius angustatus*, muerto después de un incendio controlado para el cultivo de caña de azúcar. D) Macho adulto de *Claudius angustatus* atropellado. E) Arroyo temporal usado como hábitat por *Claudius angustatus*. F) Ejemplar juvenil de *Claudius angustatus*.

Figure 2. A) irrigation channel for sugarcane used as habitat by *Claudius angustatus*; B) Specimen of *Claudius angustatus*. C) *Claudius angustatus* killed after a controlled fire for sugarcane cultivation. D) Adult male of *Claudius angustatus* roadkill. E) Temporary stream used as habitat by *Claudius angustatus*. F) Juvenile specimen of *Claudius angustatus*.

3. Ejido La Laja, Cuichapa (18.75472° N, 96.7909° W, 423 m a.s.l.) 09 August 2013. 11:00 h. Adult male found in an irrigation canal along the margins of a sugar cane field (Fig. 2A). This site is located within a rural community where sugarcane fields predominate.
4. Almilinga, Tezonapa (18.4925° N, 96.7420° W, 79 m a.s.l.). 15 August 2014. 11:00 h. A single adult individual observed at the edge of a seasonal wetland surrounded by patches of sugarcane and coffee crops.
5. Ixtacapa El Chico, Tezonapa (18.4925° N, 96.7420° W, 133 m a.s.l.). 25 June 2014. 11:00 h. During a study initiated by the Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, 12 adults *C. angustatus* (four males and eight females) were observed in a seasonal wetland surrounded by sugarcane and coffee crops.
6. San José de Abajo, Cuitláhuac (18.7680° N, 96.7733° W, 383 m a.s.l.). 02 September 2016. 20:30 h. A single unsexed individual (IBH-RF-580; Fig. 2B) found crossing along a paved road in a rural community dominated by lemon and sugar cane fields.
7. Rancho San Fermín, Atoyac (18.9016° N, 96.8062° W, 555 m a.s.l.). 05 September 2016. 10:00 h. An immobile individual on mud inside the irrigation channel of a sugarcane crop (IBH-RF-581).
8. Ojo de Agua Grande, Amatlán de los Reyes (18.9168° N, 95.8761° W, 557 m a.s.l.). 28 July 2017. Single adult found in an irrigation channel in a sugarcane field in vicinity of the Atoyac River (IBH-RF-583).
9. San Miguel el Grande, Yanga (18.7773° N, 96.8097° W, 491 m a.s.l.). 25 May 2017. 10:30 h. Two individuals found dead after the soil was plowed during agricultural work in a sugarcane field (IBH-RF-582).
10. Campo Grande, Ixtaczoquitlán (18.8297° N, 97.0087° W, 820 m a.s.l.). 08 August 2017. A dead specimen was found after a controlled fire "zafra" intended for the collection of sugar cane; the site is semi-rural (IBH-RF-584; Fig. 2C).
11. Peñuela, Amatlán de los Reyes (18.8594° N, 96.9043° W, 751 m a.s.l.). 11 August 2018. 10:00 h. Single adult male died on the road 50 m. from the intersection of Peñuela road with Federal Highway 150D (Córdoba-Minatitlán), bisecting sugarcane and lemon fields (IBH-RF-585; Fig. 2D).
12. Santa Inés, Cuichapa (18.7570° N, 96.7953° W, 491 m a.s.l.). 27 July 2019. Single adult male found near an ephemeral stream within an agricultural field (IBH-RF-587; Fig. 2E).
13. Santa Inés, Cuichapa (18.7570° N, 96.7953° W, 490 m a.s.l.), 17 July 2019. 11:00 h. A juvenile (76 mm carapace length) was found by a farmer while plowing land in a sugar cane field (IBH-RF-586; Fig. 2F).
14. Peñuela, Amatlán de los Reyes (18.8609° N, 96.90477° W, 752 m a.s.l.). 26 March 2019. 14:00 h. Single adult observed swimming in a temporary lagoon, surrounded by sugar cane and coffee crops. The lagoon is ca. 0.7 km to the southwest from a suburban center.
15. Paraíso La Reforma, Tezonapa (18.6575° N, 96.7641° W, 314 m a.s.l.). 01 September 2020. A juvenile male (85 mm carapace length) found surface active near a rural house following heavy rains was taken into captivity as a pet by local inhabitants. The site is surrounded by agricultural fields.
16. Peñuela, Amatlán de los Reyes (18.8584° N, 96.8993° W, 712 m a.s.l.). 15 September 2022. Adult male, found in a small puddle within an experimental sugarcane field following rain.
17. Peñuela, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México (18.8584° N, 96.8994° W, 739 m a.s.l.). 27 September 2023. Adult female crossing on a concrete path (IBH-RF-960) in a suburban area where sugar cane crops dominate.

Our new records of *C. angustatus* extend its known distribution into the central part of México, to the northwest and southwest of Veracruz. The distribution of the species is expanded by 25.1 km in a straight-line distance from the closest known in Palmillas, Yanga Veracruz, (LACM PC 2465) (Vásquez-Cruz & Reynoso-Martínez, 2020), and increases its altitudinal range by 209 m (from sea level to 820 m a.s.l.). Additional field studies are recommended to evaluate the extent of its potential distribution, with careful consideration of the environmental and biogeographical factors that may influence occupancy and detection. Such works can provide a more precise vignette of its natural history and allow for conservation planning and active restoration of increasingly fragmented habitats within its known range (Peterson, 2007).

It is worth noting that most of the observations were made in sugarcane fields, or in close proximity to them. This is possibly because this crop utilizes irrigation channels and drainage systems, which are typically connected to streams or ponds



within the areas inhabited by *C. angustatus*. It has been shown that the impact of sugar cane plantations has negative effects on ecosystems, such as deforestation, erosion, change in land use, high water consumption, and environmental pollution due to the intensive use of fertilizers which results in increased exposure to high UV-B radiation, high temperatures and low air humidity, which could affect local biodiversity (Schiesari & Correa, 2016; Semie et al., 2019; Bancroft et al., 2008; D'Anunção et al., 2013). For example, sites 9, 12, and 13 were historically floodplains, which have since been filled with sand and gravel to facilitate unsustainable agricultural practices (*pers. obs.*). Consequently, this expansion increases the risk of *C. angustatus* suffering from poisoning due to prolonged exposure to pesticides and fertilizers used in these crops (Reynoso-Rosales et al., 2016; Ambrosio et al., 2002).

It has also been observed that during the planting season, individuals in estivation may die due to the machinery (as in site 9) or the fires associated to the sugarcane management, locally known as "zafra" (as in site 10), which are carried out prior to sugarcane harvesting. Another threat is the industrial processing of sugarcane, where wastewater, CO₂ emissions, ethanol, formaldehyde, furfural (Domenech-López et al., 2011), and solid waste are produced, impacting ecosystems, especially aquatic ones (WWF, 2021). It is important to emphasize that all new localities belong to municipalities where there is a high degree of sugarcane processing plants, which could increase the risks to the survival of the species. It has been proven that glyphosate-based herbicides and fipronil, both used in sugarcane plantations (de Almeida-Silva et al., 2022; Triques et al., 2022) generate histopathological damage and mutagenic alterations through the incubation of eggs in contaminated substrates in *Podocnemis expansa* (dos Santos Mendonça et al., 2023).

In the region of the Altas Montañas of Veracruz, the population status of this turtle is unknown, as well as the characteristics of its breeding areas. Six of our records exceed the previously known altitude for the species, thereby expanding our understanding of the altitudinal distribution of *C. angustatus*. These findings suggest the potential for a broader altitudinal distribution for this species in the lower range of the mountainous region of Veracruz. Our results highlight the existence of gaps in our knowledge regarding the ecology of this species and underscore the need for further research to better comprehend its distribution and habitat requirements (Kornilev et al., 2017; Pradhan et al., 2019), and propose conservation measures related to the restoration of their habitats.

Acknowledgments.- The specimens were handled under permit ITSZ-A-091-SEMARNAT-08-049 by Erasmo Cazares-Hernandez and released back into their habitat. Acknowledgment to Sanson Mora Amecca, Felipe Mora Amecca, Jesús Mora González, Luis A. Armento Marroquín, Juan M. Contreras, Osvaldo Balderas, Amy D. Meza Quezada, Elizabeth Hernández Bravo, José E. González Nava, Jesus Ramos and Agustín Cortés for their assistance in the fieldwork. Uri Omar García for his valuable comments. Nathan Kutok for revising the English language.

CITED LITERATURE

- Ambrosio, I.S., C.M. Otaviano, L.M. Castilho, A.L. Santos, J.S. Mendonca & A.M. Faria. 2022. Development and validation of a solid-liquid extraction with low-temperature partitioning method for the determination of fipronil in turtle eggshell. *Microchemical Journal* 178:107393.
- Bancroft, B.A., N.J. Baker & A.R. Blaustein. 2008. A meta-analysis of the effects of ultraviolet B radiation and its synergistic interactions with pH, contaminants, and disease on amphibian survival, *Conservation Biology* 22:987-996.
- Cervantes-López, M.R., Arasa-Gisbert, O. Hernández-Ordóñez & V. Arroyo-Rodríguez. 2021. Distribution extension and first verified records for Narrow-bridged Musk Turtle, *Claudius angustatus* Cope, 1865 (Testudines, Kinosternidae) in the Selva Lacandona, Mexico. *Check List* 17:1639-1646.
- de Almeida-Silva, M., J.G.E. Véliz, M.M.P. Sartori & H.L. Santos. 2022. Glyphosate applied at a hormetic dose improves ripening without impairing sugarcane productivity and ratoon sprouting. *Science of The Total Environment* 806:150503.
- De la Torre-Loranca, M.A., R.D. Martínez-Fuentes, L. Canseco Márquez & U.O. García Vásquez. 2020. New Records of Amphibians and Reptiles from Sierra de Zongolica, Veracruz and Puebla, Mexico. *Herpetological Review* 51:550-553.
- Domenech-López, F., Y. Lorenzo-Acosta, M. Lorenzo-Izquierdo & L. Esquivel-Baró. 2011. Diagnóstico preliminar de las emisiones gaseosas en la industria de los derivados de la caña de azúcar. ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar 45:30-37.
- dos Santos Mendonça, J., J.C.N. de Almeida, L.G. Vieira, L.Q.L. Hirano, A.L.Q. Santos, D.V. Andrade, G. Malafaia, R.J. de Olivera & M.E. Beletti. 2023. Mutagenicity, hepatotoxicity, and neurotoxicity of glyphosate and fipronil commercial formulations in Amazon turtles neonates (*Podocnemis expansa*). *Science of The Total Environment* 898:165529.



- ESRI. 2019. ArcMap desktop: release 10. Environmental Systems Research Institute, Redlands, California, USA.
- Flores-Villela, O.A. & G.R. Zug. 1995. Reproductive biology of the chopontil, *Claudius angustatus* (Testudines: Kinosternidae) in southern Veracruz, Mexico. *Chelonian Conservation and Biology* 1:181-186.
- GBIF. 2023. GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.kgh5p2>
- INEGI. 2013. Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0. Resolución: 15 m x 15 m. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.
- IUCN Tortoise & Freshwater Turtle Specialist Group. 1996. *Claudius angustatus* (errata version published in 2016). The IUCN Red List of Threatened Species 1996: e.T4959A97378762. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1996.RLTS.T4959A11102593.en>. [Accessed on 26 November 2023].
- Kelly Hernández, A. & V. Vásquez Cruz. 2021. *Claudius angustatus* (Narrow-bridged Musk Turtle). MEXICO: VERACRUZ: Municipality of Carrillo Puerto. *Herpetological Review* 52:793.
- Kornilev, Y., G. Popgeorgiev, B. Naumov, A. Stoyanov & N. Tzankov. 2017. Updated distribution and ecological requirements of the native freshwater turtles in Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica*, Supplement 10:65-76.
- Legler, J. & R.C. Vogt. 2013. *Turtles of Mexico: Land and Freshwater Forms*. University of California Press, Berkeley, California, USA.
- Macip-Ríos, R., R. Ontiveros, S. López-Alcaide & G. Casas-Andreu. 2015. El status de conservación de las tortugas de agua dulce y terrestres de México: una revisión crítica de las estrategias de conservación de la biodiversidad. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86:1048-1057.
- Munscher, E., T. Pop, L. Pearson, H. Barrett, G. Knauss, J. Marlin, C. McAvinchey, M. Morrison, J. Pignatelli, J. Stein, A. Tuggle & A. Walde. 2022. Range Extension and first verified observation of the Narrow-bridged Musk Turtle (*Claudius angustatus*) from the Toledo District of Southern Belize. *Herpetology Notes* 15:735-740.
- Peterson, A.T. 2007. Uses and requirements of ecological niche models and related distributional models. *Biodiversity Informatics* 3:59-72.
- Pradhan, A. & R. Yonle. 2019. Occurrence and evidence of *Lissemys punctata andersoni*, a sub-species of Indian flapshell turtle, at record elevation of 1440m in Darjeeling Hills, West Bengal. *Uttar Pradesh Journal of Zoology* 39:166-170.
- Reynoso-Rosales V.H., M.L. Vázquez-Cruz, R.C. & Rivera Arroyo. 2016. Estado de Conservación, Uso, Gestión, Comercio y Cumplimiento de los Criterios de Inclusión a los Apéndices de la CITES para las Especies *Claudius angustatus* y *Staurotypus triporcatus*. Instituto de Biología. Informe final SNIB CONABIO, Ciudad de México, México.
- Schiesari, L. & D.T. Corrêa. 2016. Consequences of agroindustrial sugarcane production to freshwater biodiversity. *GCB Bioenergy* 8:644-657.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2019. NOM-059-SEMARNAT-2010: Modificación del anexo normativo III, Lista de especies en riesgo de la norma oficial mexicana, "Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo", Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de diciembre de 2010. www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019 [Accessed 17 Jan 2024].
- Semie, T.K., T. Silalertruksa & S.H. Gheewala. 2019. The impact of sugarcane production on biodiversity related to land use change in Ethiopia. *Global Ecology and Conservation* 18:00650.
- Triques, M.C., F. Ribeiro, D. de Oliveira, B.V. Goulart, C.C. Montagner, E.L. Espíndola & V.B. de Menezes-Oliveira. 2022. The ecotoxicity of sugarcane pesticides to non-target soil organisms as a function of soil properties and moisture conditions. *International Journal of Environmental Research* 16:61.
- Vásquez-Cruz, V. & A. Reynoso-Martínez. 2020. Contributions to the knowledge of the natural history of *Claudius angustatus* (Testudines: Kinosternidae) in Veracruz, Mexico. *Phyllomedusa: Journal of Herpetology* 19:113-116.
- VertNet. 2016. KU 24450-27069. University of Kansas Biodiversity Institute Herpetology collection. Version 2016-09-29. URL: www.vertnet.org/index.html.
- World Wildlife Fund, U.S. 2021. World Wildlife Fund WWF. United States. <http://www.worldwildlife.org/industries/sugarcane>



SECOND RECORD OF THE MOUNTAIN CAECILIAN *GYMNOPIIS SYNTREMA* (AMPHIBIA: GYMNOPIIONA: DERMOPHIIDAE) FOR MEXICO IN TRES LAGUNAS, LACANJÁ CHANSAYAB, OCOSSINGO, CHIAPAS

SEGUNDO REGISTRO DE LA TAPALCUA *GYMNOPIIS SYNTREMA* (AMPHIBIA: GYMNOPIIONA: DERMOPHIIDAE) PARA MÉXICO EN TRES LAGUNAS, LACANJÁ CHANSAYAB, OCOSSINGO, CHIAPAS

Ana Iris Melgar-Martínez¹, Eduardo Chankin-Chankayun¹, Iván Villalobos-Juárez² & Elí García-Padilla³

¹Centro Ecoturístico Tres Lagunas, San Javier, Lacanjá Chansayab, Ocosingo, Chiapas 29950, México.

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

³Biodiversidad Mesoamericana. Oaxaca de Juárez, Oaxaca 68016 México.

*Correspondence: iris.melgar02@gmail.com

Received: 2024-02-03. Accepted: 2024-04-04. Published: 2024-04-25.

Editor: Irene Goyenechea Mayer-Goyenechea, México.

Gymnopsis syntrema (Cope, 1866) is an amphibian that usually does not exceed 270-300 mm in total length. The head is rather pointed in dorsal view and the posterior end of the body is broadly rounded with practically no tail. Eyes are poorly developed and

not obvious, being in life no more than small dark spots. The sensory tentacle is just in front of the eye, and the orbit is covered not only by skin but also by the squamosal bone. The tentacular foremen is located near the center of the maxillary bone. A single



Figura 1. Individuo de *Gymnopsis syntrema* encontrado en el Santuario del Cocodrilo, Tres Lagunas, Ocosingo, Chiapas. Foto: Ana Iris Melgar-Martínez.

Figure 1. An individual of *Gymnopsis syntrema* found in the Santuario del Cocodrilo, Tres Lagunas, Ocosingo, Chiapas. Photo: Ana Iris Melgar-Martínez.



Figura 2. Vista general del tipo de hábitat y ecosistema en donde *Gymnopsis syntrema* fue encontrada en el Santuario del Cocodrilo, Tres Lagunas, Ocosingo, Chiapas. Foto: Eduardo Chankin Chankayum.

Figure 2. A general view of the type of habitat and ecosystem where *Gymnopsis syntrema* was found in the Santuario del Cocodrilo, Tres Lagunas, Ocosingo, Chiapas. Photo: Eduardo Chankin Chankayum.

splenic tooth is on each ramus of the lower jaw so that there are two series of teeth (dentary and splenic). Mountain caecilians have 128-132 primary annuli and 63-93 secondary annuli for a total of 193-206. The head and anterior part of the body are usually pink. Posterior to the head is a gradual suffusion of gray pigment that becomes darker over most of the body. The area around the vent is usually pink. In this species, the annular grooves are pale pink or whitish. Some specimens have a mostly gray body with pinkish coloration confined to the lower surface of the head (Campbell, 1998).

The known distribution of *G. syntrema* includes central and eastern Guatemala (Sierra de las Minas), Belize (Maya Mountains), and in the Montes Azules Biosphere Reserve, Municipality of Ocosingo, Chiapas, Mexico, from 300 to 1,000 m a.s.l. (Frost, 2023). The first record of the species for Mexico was reported by González-Hernández et al. (2014); they found a single individual in the Montes Azules Biosphere Reserve, in the Selva Lacandona region in southeastern Mexico. The specimen was collected in May 2012 in a mature forest at the beginning of the rainy season. In this way, they mention that the known

distribution of the species was extended 88 km to the west of its nearest locality in Guatemala (González-Hernández et al., 2014). *Gymnopsis syntrema* is a non endemic species to México and its conservation status has been evaluated as Data Deficient (DD) by the IUCN and it is not listed by the Nom 059 of SEMARNAT (2019). By its part the Environmental Vulnerability Score (Johnson et al., 2015) situate it in 16, placing in it in the medium portion of the high vulnerability category.

In this note, we present new scientific evidence of the presence of *G. syntrema* in Mexico. During the excavation process for the construction of a pond for crocodiles in the Environmental Management Unit “Santuario del Cocodrilo Tres Lagunas” (16.842138° N, 91.145472° W; 373 m a.s.l.), AIMM and ECC carried out the discovery of 3 specimens of *G. syntrema*. Verified by David Lazcano. The event took place on August 23, 2022. An additional individual (Fig. 1) was registered in the same area during the monitoring carried out from August 26 to 30, 2023, resulting in a total of 4 individuals. The animals were not sexed or measured and were immediately released after photodocumentation. The surrounding type of vegetation is tropical evergreen forest (Fig.

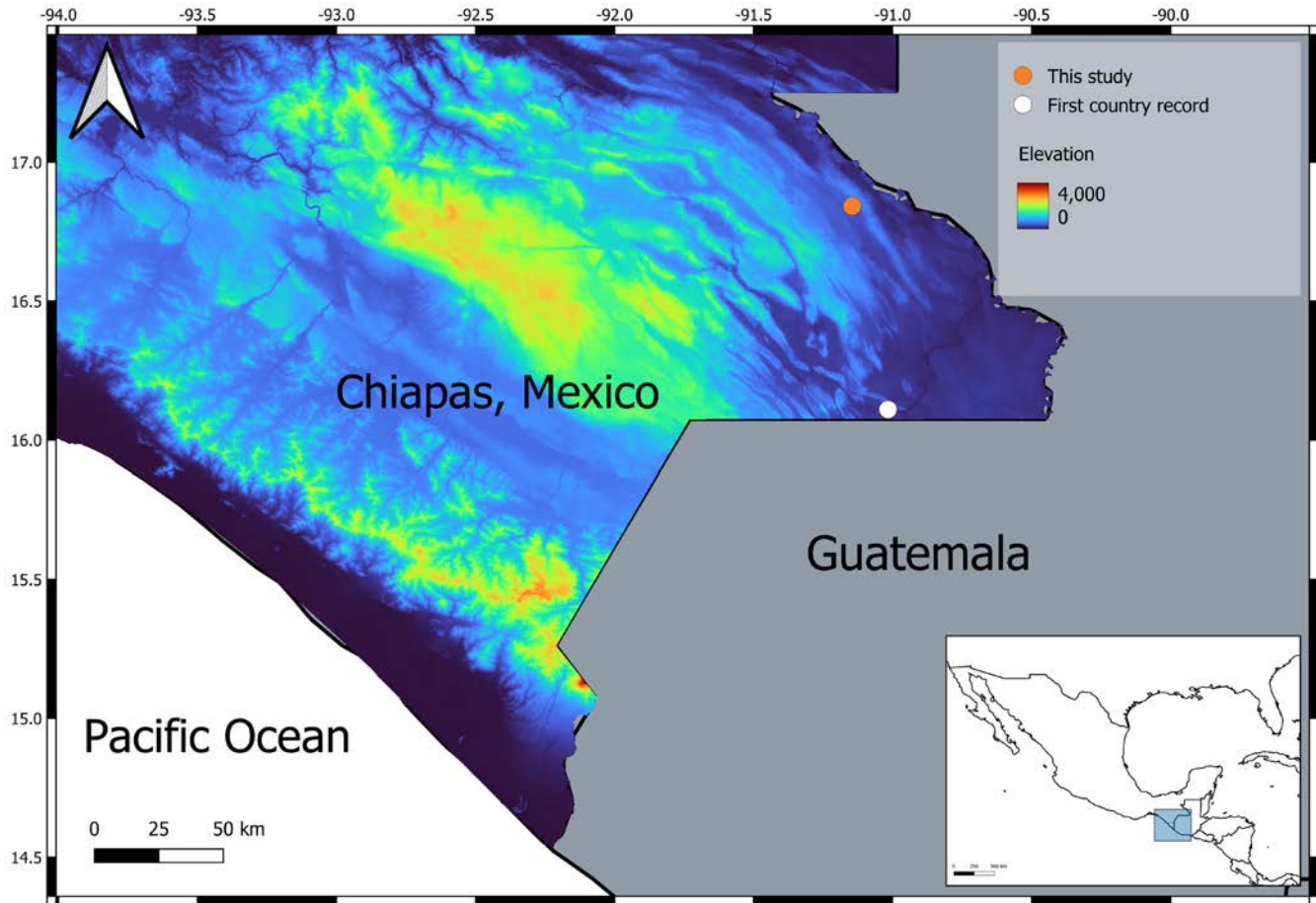


Figure 3. Second record of the Mountain Caecilian *Gymnopsis syntrema* for Mexico. / **Figura 3.** Segundo registro de la cecilia de montaña *Gymnopsis syntrema* para México.

2). The distance between this new location and the previous one within Mexico (Montes Azules Biosphere Reserve) is 83 kilometers to the north in a straight line. This record represents the second at the country level and confirms the presence of the species in Mexico (Fig. 3).

Acknowledgments.– To the community of Tres Lagunas and Pablo Chankin the director of the Santuario del Cocodrilo Tres Lagunas for allowing the permits and providing logistical support.

CITED LITERATURE

Campbell, J.A. 1998. Amphibians and Reptiles of Northern Guatemala, the Yucatan, and Belize. Animal Natural History Series. Norman, Oklahoma. University of Oklahoma Press.

González-Hernández, A., O. Hernández-Ordoñez, M. Cervantes-López & V.H. Reynoso. 2014. First record of the Mountain Caecilian *Gymnopsis syntrema* (Amphibia: Gymnophiona: Caeciliidae) in México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85:645-649.

Frost, D.R. 2023. Amphibian Species of the World: An Online Reference. Version 6.2 (December 2023). Electronic Database accessible at <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA. doi.org/10.5531/db.vz.0001 [December 2023].

Johnson, J.D., V. Mata-Silva, E. García-Padilla & L.D. Wilson. 2015. The herpetofauna of Chiapas, Mexico: composition, physiographic distribution, and conservation status. *Mesoamerican Herpetology* 2:272-329.



NUEVO REGISTRO DE DISTRIBUCIÓN Y AMPLIACIÓN DE RANGO ALTITUDINAL EN *CERROPHIDION SASAI* (SERPENTES: VIPERIDAE), ATENAS, ALAJUELA, COSTA RICA

NEW DISTRIBUTION RECORD AND ELEVATIONAL RANGE EXTENSION OF *CERROPHIDION SASAI* (SERPENTES: VIPERIDAE), ATENAS, ALAJUELA, COSTA RICA

Gared Rodríguez-Barboza^{1*}

¹Ingeniería en Ciencias Forestales y Vida Silvestre, Apdo. Postal 7-4013, Atenas, Costa Rica

*Correspondence: garedrodriguez98@gmail.com

Received: 2023-11-12. Accepted: 2024-01-08. Published: 2024-04-30.

Editor: Leticia M. Ochoa-Ochoa, México.

Las serpientes del género *Cerrophidion* Campbell & Lamar, 1992 se distribuyen en los bosques montanos del neotrópico, en un rango altitudinal que empieza desde los 900 hasta los 3,500 m s.n.m. a través del sur de México hasta el oeste de Panamá (Campbell & Lamar, 2004; Köhler, et al., 2006; Campbell & Solórzano, 1992). Son serpientes terrestres que no superan los 80 cm de largo y presentan un cuerpo conspicuamente robusto (Campbell & Solórzano, 1992; Solórzano, 2022). Poseen un hocico aplanado y la escama rostral es más ancha que alta, las escamas ubicadas en las regiones frontales y perital son alargadas, a veces formando placas (Fig. 1). Pueden presentar colores de fondo café, gris o anaranjado, con diseños centrodorsales más oscuros

y común mente fusionados en un patrón ondulado, así también con diseños laterales más pequeños (Solórzano, 2022).

En las últimas décadas, el estudio taxonómico del género implementando técnicas moleculares han revelado nuevas especies, por lo que en la actualidad se reconocen cinco: *C. godmani*, *C. petlalcalensis*, *C. sasai*, *C. tzotzilorum* y *C. wilsoni* (Campbell & Lamar, 1992; López-Luna et al., 1999; Jadin et al., 2011). La Toboba de Altura (*Cerrophidion sasai*) es la única especie del género que habita en los bosques de altura subtropicales y templados de las cordilleras Volcánica Central y Talamanca en Costa Rica y el oeste de Panamá, en un rango altitudinal que



Figure 1. Specimen of Toboba de Altura (*Cerrophidion sasai*) registered at the UTN, Atenas headquarters. Photo: Daniel Fernández.

Figura 1. Especimen de Toboba de Altura (*Cerrophidion sasai*) registrado en la UTN, sede Atenas. Foto: Daniel Fernández.

va desde los 900 hasta los casi 3,000 m s.n.m. Es una serpiente relativamente común en su distribución y sus picos de actividad suelen ser durante horas de la mañana, así como al final de la tarde (Solórzano, 2022).

Es posible encontrarlas ocultas en la vegetación y hojarasca del suelo, así como debajo de troncos caídos, tanto en bosques inalterados, bosques intervenidos, bosques en regeneración, terrenos de uso agropecuario y pastizales. Se le considera una especie generalista y oportunista en su dieta, la cual consta de una variedad de vertebrados e invertebrados como ratones, topos, lagartijas, otras serpientes, pichones de aves y ranas de hojarasca (Campbell & Solórzano, 1992; Schramer et al., 2018).

Después de una revisión de literatura ampliamos el rango altitudinal de la Toboba de Altura y añadimos una nueva

localidad a partir del registro fotográfico de la especie en el agropaisaje de Balsa de Atenas, en la provincia de Alajuela, dentro del campus de la Universidad Técnica Nacional (UTN) sede Atenas. El registro fue observado el 28 de marzo del 2023 entre las 10:00 y 11:00 h dentro del campus de la UTN sede Atenas (9.937146° N 84.376547° W; WGS84; 450 m s.n.m.; Fig. 2) por Daniel Fernández. Se fotografió un individuo de la especie con un tamaño menor a los 80 cm de longitud (<https://www.inaturalist.org/observations/154762264>; GBIF, 2023).

El canton de Atenas se caracteriza por poseer bosques premontanos, así como bosques húmedos en las zonas de menor elevación altitudinal, como es el caso de la comunidad de Balsa donde ocurrió el registro. En el sitio se reporta una temperatura promedio de 25.76° y una precipitación media anual de 1,903 mm (Holdridge, 1967; Cedeño-Fonseca & Chinchilla, 2021;

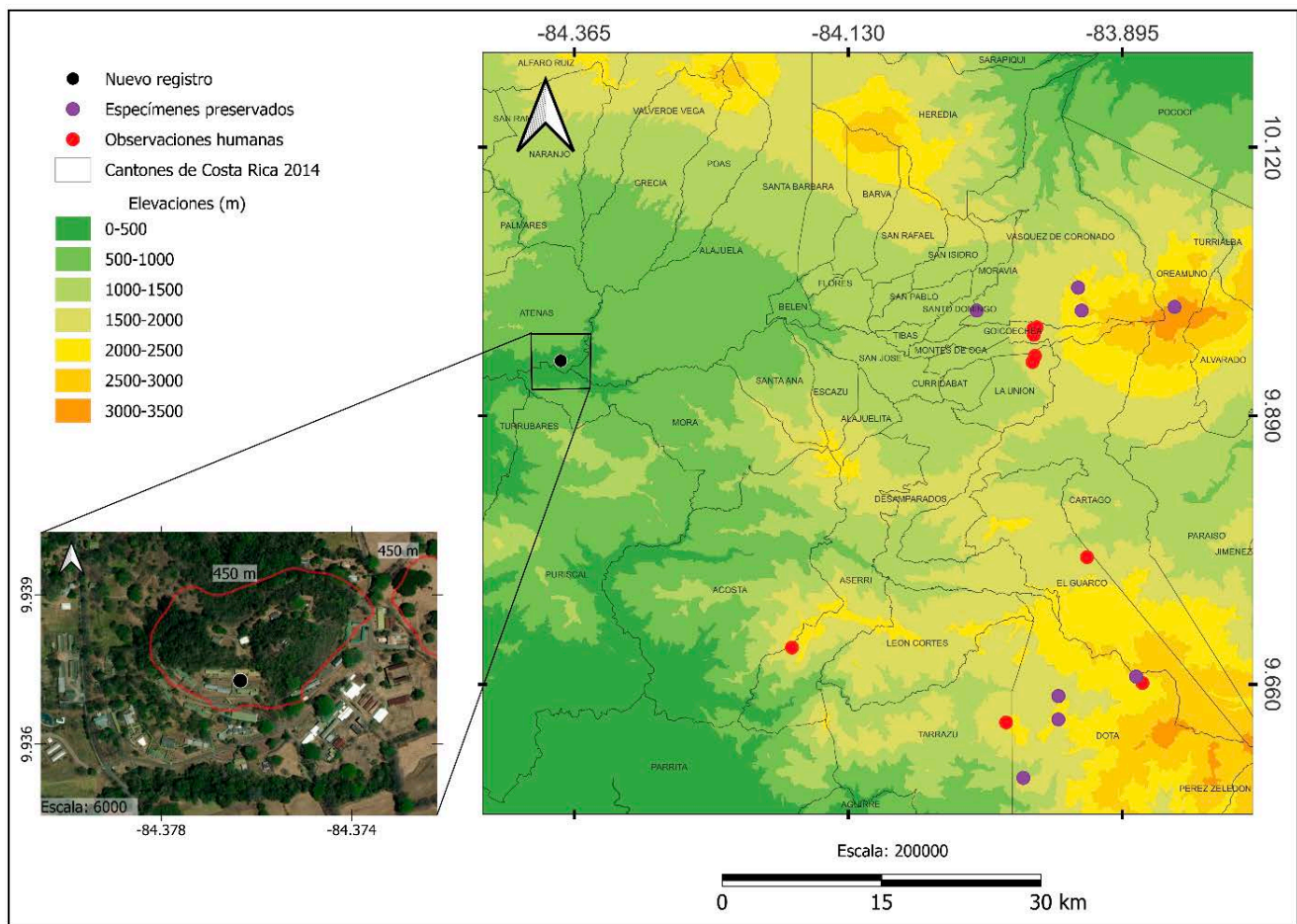


Figure 2. Distribution and new record of the Toboba de Altura (*Cerrophidion sasai*). Source: Global Biodiversity Information Facility.

Figura 2. Distribución conocida y nuevo registro de la Toboba de Altura (*Cerrophidion sasai*). Fuente: Global Biodiversity Information Facility.

Cambronero et al., 2023). Este hallazgo proporciona nueva información sobre la distribución de la Toboba de Altura en el occidente de Costa Rica, debido a que no se había reportado previamente esta especie en el cantón de Atenas, ni en sus alrededores. Además amplía su rango altitudinal 450 m por debajo de lo reportado por Solórzano (2022). Es importante destacar que el cantón de Atenas experimenta una estación seca bastante marcada y las condiciones ambientales de la zona difieren notablemente de las localidades conocidas previamente para esta especie. En el cantón se presentan temperaturas más cálidas y una asociación vegetal conformada por una variedad de especies leñosas características de los bosques secos del Pacífico central de Costa Rica, con un porcentaje considerable de especies caducifolias (Hammel et al., 2002).

Este acontecimiento vuelve necesario mayores esfuerzos de investigación en torno a esta especie dentro del cantón, con el propósito de esclarecer el estado de sus poblaciones y poder transmitir a la población la importancia de conservar los ecosistemas donde habitan distintas poblaciones de herpetofauna.

Agradecimientos.– Se extiende un agradecimiento al educador ambiental Alexander Chavez por la colaboración con información sobre la especie, a Daniel Fernandez por detallar el acontecimiento y autorisar el uso de la fotografía para esta nota, también a los estudiantes de ICFVS y en general a la comunidad de estudiantes de la UTN sede Atenas quienes colaboran en conjunto con el proyecto “Biodiversidad de la UTN Atenas” subiendo sus observaciones a la plataforma iNaturalist. Por último al docente de la carrera PhD José Pablo Carvajal-Sánchez por incentivar a los estudiantes en sus clases para que colaboren subiendo sus observaciones a la plataforma.

LITERATURA CITADA

- Campbell, J.A., & W.W. Lamar. 1992. Taxonomic status of miscellaneous Neotropical viperids, with the description of a new genus. Occasional Papers of Texas Technological University 153:1-31.
- Campbell, J.A., & W.W. Lamar. 2004. Venomous Reptiles of the Western Hemisphere Vol. II. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- Campbell, J.A., & A. Solórzano. 1992. The distribution, variation, and natural history of the Middle American montane pitviper *Porthidium godmani*. Pp. 223-250. En J.A. Campbell & E.D. Brodie Jr. (Eds.). Biology of the Pitvipers. Selva Press, Texas, USA.
- Carvajal-Sanchez, J., E. Cambronero-Peña, J. Sibaja-Umaña & D. Espinoza-Muñoz. 2023. Mortalidad de mamíferos silvestres por atropellamientos en un agropaisaje de Balsa de Atenas, Costa Rica. Yulök Revista de Innovación Académica 1:85-90.
- Cedeño-Fonseca, M. & I.F. Chinchilla. 2021. Rasgos de los forófitos de *Guazuma ulmifolia* y *Samanea saman* y su influencia en la distribución espacial, abundancia y diversidad de plantas epífitas. Scientia 31:68-84.
- GBIF (Global Biodiversity Information Facility). 2023. GBIF Occurrences. *Cerrophidion sasai* Jadin, Townsend, Castoe & Campbell, 2012 <https://www.gbif.org/occurrence/4091526961> (Consultado en septiembre 2023)
- Hammel, B.E., M.H. Grayum, C. Herrera & N. Zamora. 1992. Manual de Plantas de Costa Rica, vol. I: Introducción. Missouri Botanical Garden Press, Saint Louis, Missouri, USA.
- Holdridge, L.R. 1967. Life Zone Ecology (Revised ed.). Tropical Science Center, San José, Costa Rica.
- Jadin, R.C., E.N. Smith & J.A. Campbell. 2011. Unraveling a tangle of Mexican serpents: a systematic revision of highland pitvipers. Zoological Journal of the Linnean Society 163:943-958.
- Köhler, G., M. Veselý, & E. Greenbaum. 2006. The Amphibians and Reptiles of El Salvador. Krieger Publishing, Malabar, Florida, USA.
- López-Luna, M.A., R.C. Vogt & M.A. de la Torre-Loranca. 1999. A new species of montane pitviper from Veracruz, Mexico. Herpetologica 55:382-389.
- Schramer, T.D., M.A. De La Torre-Loranca, M. Salazar-Saavedra, Y. Kalki & D.B. Wylie. 2018. Additional diet information for *Cerrophidion godmani* (Günther, 1863) and a dietary synopsis of the genus *Cerrophidion* Campbell y Lamar, 1992. Revista Latinoamericana de Herpetología 1:35-43.
- Solórzano, A. 2022. Serpientes de Costa Rica: Distribución, Taxonomía e Historia Natural. Segunda Ed. San José, Costa Rica.



DIVING BEHAVIOR IN THE NEOTROPICAL WHIPSNAKE *CHIRONIUS CARINATUS* (LINNAEUS, 1758) (SQUAMATA: COLUBRIDAE)

COMPORTAMIENTO DE BUCEO EN LA SERPIENTE LÁTIGO *CHIRONIUS CARINATUS* (LINNAEUS, 1758) (SQUAMATA: COLUBRIDAE)

Teddy Angarita-Sierra^{1*}, Osnaider Loperena², Antonio J. Quintero¹, Mayra A. Rangel¹, Onasis E. Carrillo-Pacheco¹, Yenny P. González¹ & Santiago J. Sánchez-Pacheco¹

¹Grupo de investigación Biodiversidad para la Sociedad, Dirección Académica, Universidad Nacional de Colombia, Sede de La Paz, La Paz, Cesar, 202017, Colombia.

²Vereda Casa de Zinc, Nuevo Colón, Organización Wiwa Yugumaiun Bunkuanarrua Tayrona “OWYBT” Resguardo Kogui Malayo (Wiwa) Arhuaco, Sierra Nevada de Santa Marta, Pueblo Bello, Cesar, 22010, Colombia.

*Correspondence: tgangaritas@unal.edu.co

Received: 2024-02-14. Accepted: 2024-04-08. Published: 2024-04-30.

Editor: Ana Gatica Colima, México

Resumen.— Documentamos por primera vez el comportamiento de buceo e inmersión prolongada (> 15 minutos) para la serpiente látigo Neotropical *Chironius carinatus*. Este reporte es de la Sierra Nevada de Santa Marta, Departamento del Cesar, norte de Colombia, y resalta que el conocimiento de los hábitos y el uso del hábitat de esta serpiente conspicua sigue siendo fragmentario.

Palabras clave.— Colombia, hábitos acuáticos, serpientes terrestres, Serpentes, Sierra Nevada de Santa Marta.

Abstract.— We document for the first time diving behavior and long-term immersion (> 15 minutes) for the Neotropical whipsnake *Chironius carinatus*. This report is from the Sierra Nevada de Santa Marta, Cesar department, northern Colombia, and highlights that knowledge of the habits and habitat use of this conspicuous snake remains fragmentary.

Key words.— Aquatic habits, Colombia, Serpentes, Sierra Nevada de Santa Marta, terrestrial snakes.

The habitat is one of the most notable life-history traits of an organism because it encompasses most outputs from the selective forces that have influenced its evolution. For example, within aquatic and arboreal snakes, there are modifications that are remarkably similar among species of the same habitat, but dissimilar among species of different habitats (e.g., tail length). However, they share gravity as one of the most important selective evolutionary agents, although it acts in opposite directions in each type of habitat, deeply impacting the cardiovascular and respiratory physiology performance, as well as the entire body plan of both semi-aquatic and arboreal snakes (Lillywhite, 1987, 2014; Guimarães et al., 2014; Sheehy et al., 2016). Thus, the discovery of new habitat occupancy or use by a species significantly contributes to understanding the evolutionary paths and the adaptive performance of organisms.

The snake genus *Chironius* Fitzinger, 1826 is a Neotropical squamate clade that currently includes 24 species distributed from Central America (northern Honduras) to southern South America (northeastern Argentina and northwestern Uruguay), inhabiting several forested and open ecosystems (Dixon et al., 1993; Hollis, 2006; Torres-Carvajal et al., 2018; Uetz et al., 2024). All *Chironius* species, commonly known as sijos, are among the most conspicuous terrestrial, semi-arboreal and arboreal snakes in Central and South America due to their large size, diurnal foraging activity, and mild to very aggressive behavior when they are disturbed (Dixon et al., 1993).

Most species inhabit riparian forests, frequently occupying microhabitats such as the ground, shrub branches, and tree branches along streams (Dixon et al., 1993; Rojas-Morales & Marín-Martínez, 2022). Interestingly, some individuals of *C.*



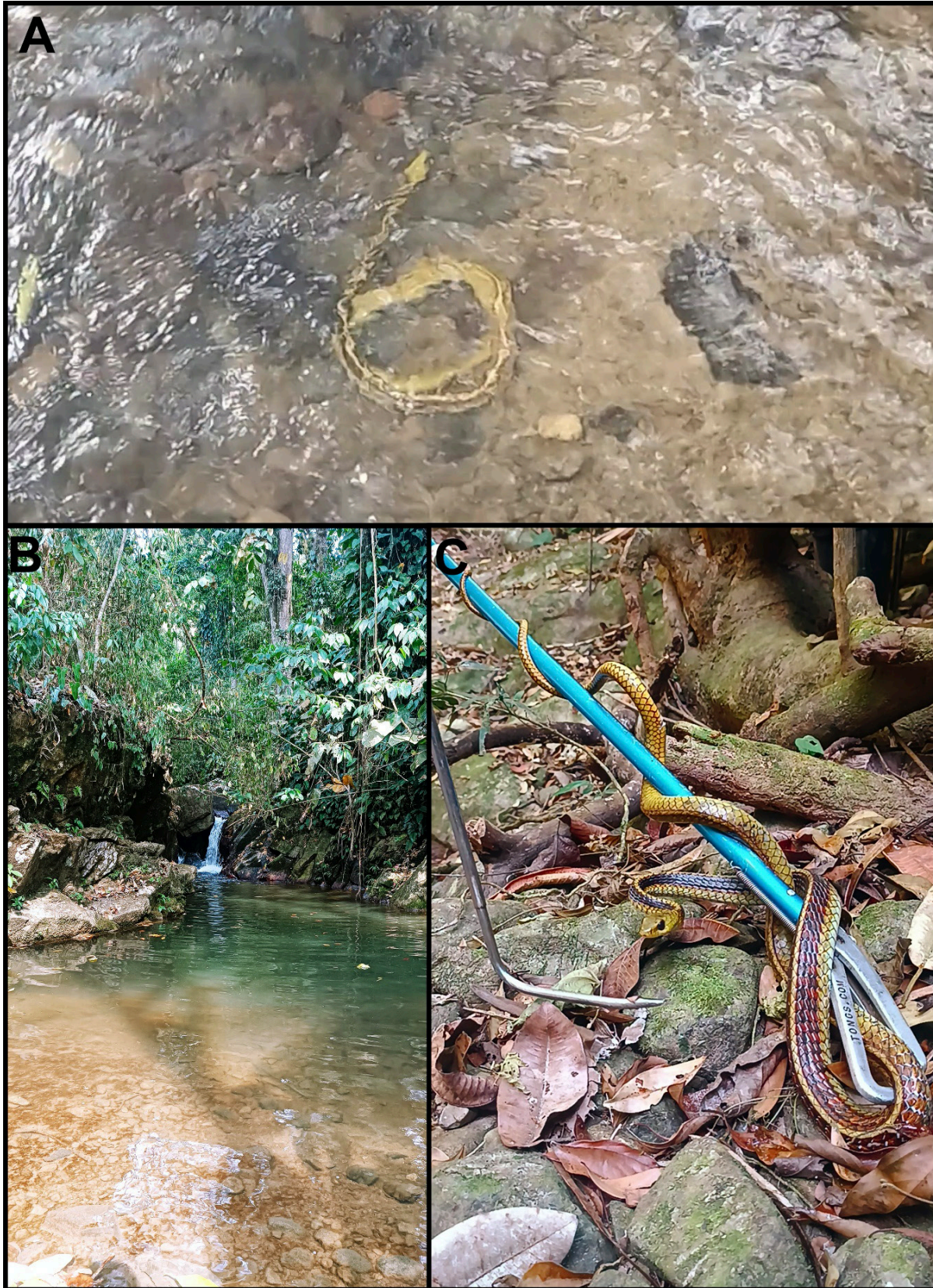


Figura 1. (A) Comportamiento de buceo en *Chironius carinatus* en (B) una quebrada sin nombre que drena de la Sierra Nevada de Santa Marta, Vereda Casa de Zinc, Corregimiento Nuevo Colón, Municipio de Pueblo Bello, Departamento del Cesar, Colombia.

(C) Captura del espécimen después de 17 minutos de inmersión.

Figure 1. (A) Diving behavior in *Chironius carinatus* at (B) an unnamed stream that drains from the Sierra Nevada de Santa Marta, Vereda Casa de Zinc, Corregimiento Nuevo Colón, Municipio de Pueblo Bello, Departamento del Cesar, Colombia. (C) Collecting the specimen after 17 minutes of immersion.

diamantina Fernandes & Hamdan, 2014, *C. fucus* (Linnaeus, 1758), *C. flavolineatus* and *C. grandisquamis* (Peters, 1869) have been reported swimming and/or diving as an antipredator response when disturbed or threatened (Fernandes & Hamdan, 2014; Mascarenhas et al., 2020; Rojas-Morales & Marín-Martínez, 2022); to our knowledge, other *Chironius* species, including *C. carinatus* (Linnaeus, 1758), have no reports of aquatic habits.

On 28 January 2024 at an unnamed stream that drains from the Sierra Nevada de Santa Marta, finca La Bendición, Vereda Casa de Zinc, Corregimiento Nuevo Colón, Municipio de Pueblo Bello, Departamento del Cesar, Colombia (10.806389° N, 73.223611° W; 891 m a.s.l.), at 14:45h, an adult male *C. carinatus* (SVL: 1125 mm, TL: 465 mm, Weight: 464.2 g) was observed diving (Fig. 1, see Appendix). The snake was quite coiled approximately 30 cm under water, fully exposed near the shore of the stream, resembling the known body posture for the species of the genus *Chironius* when sleeping on tree branches. For 17 minutes, the snake was observed under water, performing slow movements, displacing the head and the first third of the body side-to-side, and afterwards returning to the initial coiled position. The total diving time was not possible to determine because at the moment of the encounter the snake was already diving, but at least during 17 minutes of observation before capturing the snake, it never took its head out of the water.

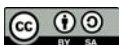
Diving behavior has rarely been documented in terrestrial or arboreal snakes (Mascarenhas et al., 2020) and when this behavior has been reported, it was always associated to escape or foraging responses. We document for the first time diving behavior and long-term immersion (> 15 minutes) for *Chironius carinatus*, suggesting that our knowledge about the habits and habitat use of this conspicuous snake is still fragmentary. Although the specimen was quite appeased when encountered, suggesting a spontaneous diving behavior, we were unable to rule out the possibility that it had been startled by a predator before we found it and had consequently taken up a position under water. We suggest that experimental studies should be carried out to better understand the defensive repertoire of sipo snakes, and to test aquatic behaviors potentially related to their thermal ecology and physiology.

Acknowledgements.- We thank the people of the farm La Bendición for their kindness during our expedition across their territory. Field work was carried out under the scientific research non-commercial purpose permit of collection of wild specimens of biological diversity issued by the Universidad Nacional de Colombia (Research Projects 57862, 58131, and 3361 [Semillero de Investigación en Biología de Anfibios y Reptiles]),

and the Colombian National Environmental Licensing Authority (ANLA, for its abbreviation in Spanish) by resolution No. 0255 of 14 March 2014. Rick Hodges, Julián Andrés Rojas-Morales and an anonymous reviewer provided critical suggestions that improved the original version of this manuscript.

CITED LITERATURE

- Dixon, J.R., J.A. Wiest & J.M. Cei. 1993. Revision of the Neotropical snake genus *Chironius* Fitzinger (Serpentes, Colubridae). *Museo Regionale di Scienze Naturali* 13:1-279.
- Fernandes, D.S. & B. Hamdan. 2014. A new species of *Chironius* Fitzinger, 1826 from the state of Bahia, Northeastern Brazil (Serpentes: Colubridae). *Zootaxa* 3881:563-575.
- Guimarães, M., M.P. Gaiarsa & H.B. Cavalheri. 2014. Morphological adaptations to arboreal habitats and heart position in species of the neotropical whipsnakes genus *Chironius*. *Acta Zoologica* 95:341-346.
- Hollis, J.L. 2006. Phylogenetics of the genus *Chironius* Fitzinger, 1826 (Serpentes, Colubridae) based on morphology. *Herpetologica* 62:435-453.
- Lillywhite, H.B. 1987. Circulatory adaptations of snakes to gravity. *Integrative and Comparative Biology* 27:81-95.
- Lillywhite, H.B. 2014. *How Snakes Work: Structure, Function, and Behavior of the World's Snakes*. Oxford University Press.
- Mascarenhas, W., C.R. Oliveira, R.W. Ávila & S.C. Ribeiro. 2020. Defensive behaviour of *Chironius flavolineatus* Jan, 1863 (Serpentes: Colubridae) in northeastern Brazil. *Herpetology Notes* 13:607-608.
- Rojas-Morales, J. & M. Marín-Martínez. 2022. Living near water: ecological observations of the Ecuador Sipo, *Chironius grandisquamis* (Peters 1869) (Squamata: Colubridae) in the Middle Magdalena River Valley, Colombia. *Reptiles & Amphibians* 29:46-51.
- Sheehy, C.M., J.S. Albert & H.B. Lillywhite. 2016. The evolution of tail length in snakes associated with different gravitational environments. *Functional Ecology* 30:244-254.
- Torres-Carvajal, O., L.Y. Echevarría, S.E. Lobos, P.J. Venegas & P.J.R. Kok. 2018. -Phylogeny, diversity and biogeography of Neotropical



sipo snakes (Serpentes: Colubrinae: *Chironius*). Molecular
Phylogenetics and Evolution 130:315-329.

Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar, F. Reyes, J. Kudera & J. Hošek. 2024.
The Reptile -Database. Available at <https://reptile-database.org>
(accessed on March 24, 2024).



APPENDIX

Video of the diving behavior in *Chironius carinatus* available at:
https://youtu.be/eRvEbLOR7_U

APÉNDICE

Vídeo del comportamiento de buceo en *Chironius carinatus*
disponible en: https://youtu.be/eRvEbLOR7_U



CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LA DIETA DE *DIPSAS VARIEGATA* (SERPENTES: COLUBRIDAE)

CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE OF THE DIET OF *DIPSAS VARIEGATA* (SERPENTES: COLUBRIDAE)

Ely David Gomez-Fonseca¹

¹Núcleo de Investigación N-Bio. Universidad Pedagógica Experimental Libertador Instituto Pedagógico Rafael Alberto Escobar Lara, Venezuela.

*Correspondence: biogomezfed@gmail.com

Received: 2023-08-27. Accepted: 2024-04-08. Published: 2024-04-30.

Editor: Carlos Alberto Hernández Jiménez, México.

Abstract.– Data are provided on the feeding habits of *Dipsas variegata*.

Keywords.– Feeding habit, colubrid, *Dipsas*, dipsadid, natural history, Venezuela.

Resumen– Se aportan datos acerca de los hábitos alimentarios de *Dipsas variegata*.

Palabras clave.– Hábitos alimenticios, colúbrido, *Dipsas*, dipsádido, historia natural, Venezuela.

Las serpientes del género *Dipsas* Laurenti, 1768 son depredadores especialistas de moluscos gasterópodos con o sin concha (Laporta & Salomao, 2004; Ray et al., 2012; Torrello et al., 2012; Zaher et al., 2014; Natera et al., 2015; Señaris et al., 2018; Navarrete et al., 2020). La serpiente caracolera *Dipsas variegata* (Duméril, Bibron & Dumeril, 1854) es una especie arborícola con una distribución geográfica muy amplia, a lo largo de Venezuela, Guyana, Guyana Francesa, Surinam, Brasil, Perú, Bolivia, Ecuador y las islas de Trinidad y Tobago (Chippaux, 1986; Cadle & Meyers, 2003; Harvey & Embert, 2008; Natera et al., 2015; Señaris et al., 2018; Uetz & Hosek, 2023). En Venezuela se encuentra en los estados Amazonas, Aragua, Barinas, Bolívar, Carabobo, Distrito Capital, Guárico, Mérida, Miranda, Lara, Portuguesa, Sucre, Táchira, Trujillo, Vargas y Yaracuy (Peters, 1960; Roze, 1966; Manzanilla et al., 1996; Rivas & Oliveros, 1998; Barrio & Calcaño, 1999; Cadle & Meyers, 2003; Calcaño & Barrio, 2003; Ávila 2005; Navarrete et al., 2006; Lotzkat et al., 2008; Harvey, 2008; Navarrete et al., 2009; Natera et al., 2015; Señaris et al., 2018; Gómez, 2019; Navarrete et al., 2020). *D. variegata* tiene una estrategia de caza que consiste en buscar su alimento sobre la vegetación de baja altura y la superficie terrestre; sin embargo, suelen observarse mayormente en el suelo debido a su dieta a base de caracoles y babosas (Natera et al., 2015; Señaris et al., 2018).

El 26 de julio de 2023, aproximadamente a las 7:30 h. Se encontró un ejemplar de *D. variegata* (adulto) que capturó un ejemplar del molusco gasterópodo *Megalobulimus oblongus*

(Müller, 1774) conocido comúnmente como Guácara (Fig. 1A). El hecho fue observado en el camino de tierra que conduce a la Estación Biológica Rancho Grande ubicado en el Parque Nacional Henri Pittier (10.349197° N; 67.68689° W a 1,090 m s.n.m.), municipio Mario Briceño Iragorry, Estado Aragua, Venezuela. El acontecimiento duró aproximadamente 70 minutos, durante este tiempo, el gasterópodo secretó una sustancia babosa transparente como mecanismo defensivo sin éxito de persuasión (Fig. 1B.). Seguidamente, la serpiente comenzó a morder el pie del gasterópodo y proceder a engullirlo aún vivo (Fig. 1C.). Posteriormente, la serpiente introdujo la cabeza dentro de la concha del caracol para utilizarla como punto de apoyo y continuar engulléndolo (Fig. 1D.). Finalmente, el ofidio sacó la cabeza de la concha del caracol reajustando la mandíbula (Fig. 1E.). Para luego escapar entre la vegetación adyacente.

El molusco se identificó siguiendo a Velázquez-Trujillo (2012) y Jaramillo et al. (2014). Las medidas lineales de la concha fueron: longitud de la concha (LC = 76 mm), ancho máximo de la concha (AC = 37 mm), longitud de la abertura (LA = 33 mm) y ancho de la abertura (AA = 12 mm).

Las especies del género *Dipsas* han sido observadas alimentándose de moluscos (Peters, 1960; Cisneros & Heredia, 2005). Por otra parte, Sazima & Muscat (2016) han reportado que *D. albifrons* fue observada alimentándose de un caracol nativo *Helicina angulata* (Helicinidae) mientras que *D. bucephala*

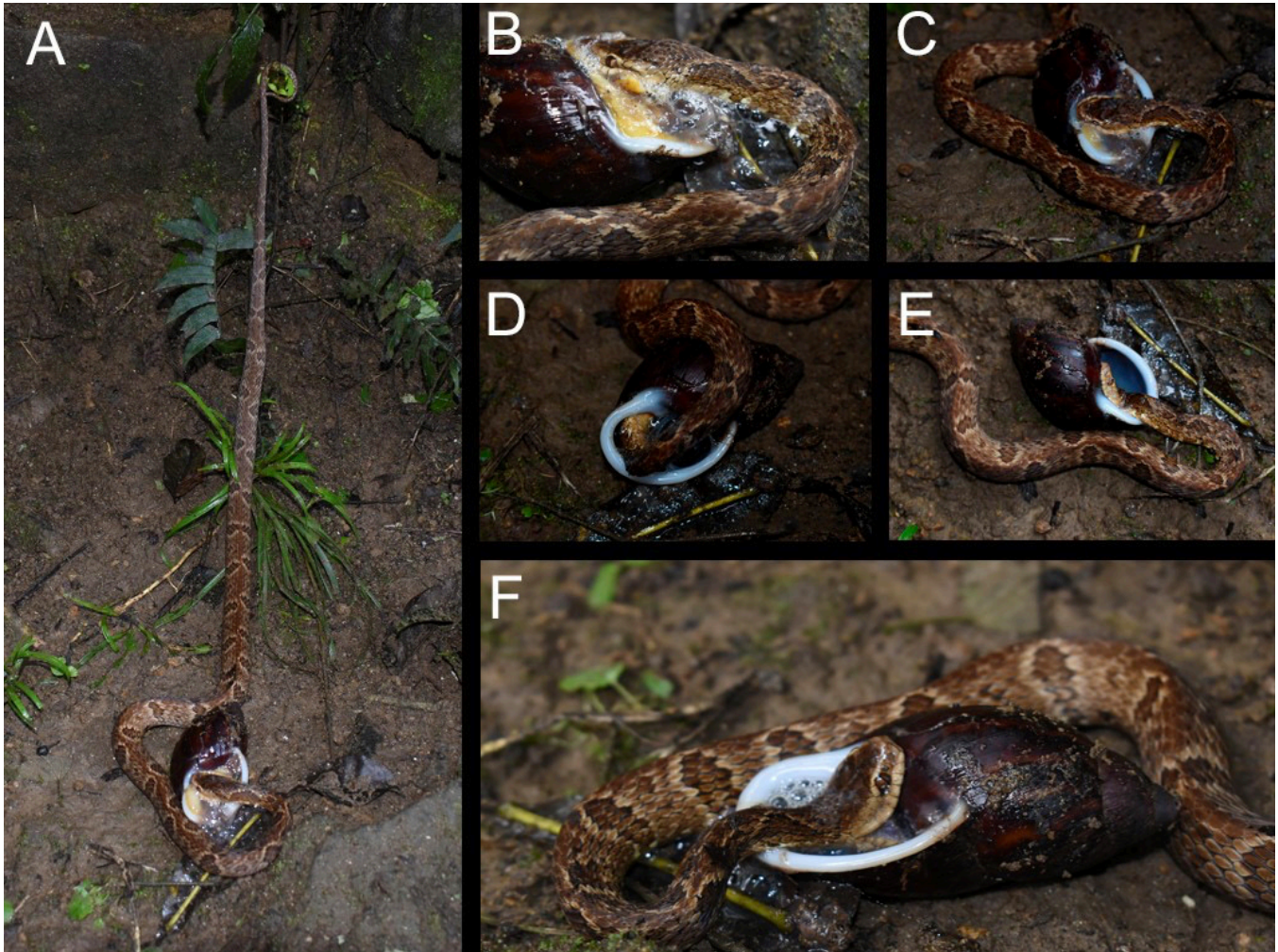


Figura 1. *Dipsas variegata* alimentándose de caracol *Megalobulimus oblongus*, Venezuela (A). *M. oblongus* secretando sustancia babosa transparente como mecanismo defensivo mientras la serpiente *D. variegata* introduce la cabeza dentro de la concha del caracol (B,C). *D. variegata* engullendo al gasterópodo vivo y reajustando la mandíbula para continuar ingiriendo al caracol (D, E). El carácter diagnóstico de *M. oblongus* es el labio externo doblado hacia afuera, de color rosa brillante en estado adulto y blanquecino en etapa juvenil (F) Fotos: Ely Gómez.

Figure 1. *Dipsas variegata* feeding on *Megalobulimus oblongus* snail, Venezuela (A). *M. oblongus* secreting a transparent slimy substance as a defensive mechanism while the snake *D. variegata* inserts its head into the snail's shell (B, C). *D. variegata* engulfing the live gastropod and readjusting its jaw to continue ingesting the snail (D, E). The diagnostic character of *M. oblongus* is the external lip folded outward, bright pink in the adult stage and whitish in the juvenile stage (F). Photos: Ely Gómez.

fue encontrado en el suelo del bosque alimentándose de dos especies de caracoles nativos *Bulimulus tenuissimus* y *Mesenbrinus interpunctus* (Orthalicidae). Así mismo, Queiroz Alves et. al. (2003) reportaron que *D. catesbyi* se alimenta de babosas en lugar de caracoles. A su vez, Sazima (1989) expresó que *D. indica* se alimenta de caracoles y babosas.

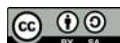
La serpiente *D. variegata* anteriormente ya había sido reportada alimentándose de un gasterópodo terrestre (Natera et al., 2015); sin embargo, no se reportó la identidad de la especie.

Así mismo, se ha observado que se alimenta de caracoles (Rembold, 1934; Mertens, 1952; Navarrete et. al. 2020; Señaris et. al. 2018). No obstante, existe poca información disponible sobre su comportamiento y hábitos alimentarios. Por lo que, consideramos que *D. variegata* es una especie que representa un controlador natural de *Megalobulimus oblongus*. De tal manera que esta observación sugiere el primer registro confirmado de *D. variegata* depredando al caracol terrestre *M. oblongus* aportando información sobre la historia natural de esta especie de serpiente.

Agradecimientos.- A los Guardaparques Andrés Gómez (†) y Yilemny Flores por notificar el encuentro con la serpiente y a la Coordinación del Parque Nacional Henri Pittier, a Irama Perozo por la traducción, a Margareth Voelger por el apoyo en la revisión bibliográfica y a dos revisores anónimos por sus sugerencias para mejorar el manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Ávila, T.C.S. 2005. Reptiles. Pp. 4-40. In T. Hallowell & R.R. Reynolds (Eds.), Checklist of the Terrestrial Vertebrates of The Guiana Shield No. 13. Biological Society of Washington, National Museum of Natural History.
- Barrio, C.L. & D. Calcaño. 1999. Geographic distribution: *Dipsas variegata* Herpetological Review 30: 174-175.
- Calcaño, D. & C.L. Barrio-Amorós. 2003. Geographic distribution: *Dipsas variegata*. Herpetological Review 34: 388.
- Cadle, J.E. & C.W. Myers. 2003. Systematics of Snake referred to *Dipsas variegata* in Panama and western South America, with revalidation of two species and notes on defensive behavior in *Dipsadini* (Colubridae). American Museum Novitates 3409: 1-47.
- Chippaux, J.P. 1986. Les Serpents de la Guayane Francaise. Faune Tropicale XXVII. Editions de l'ORSTOM. 165 pp.
- Cisneros-Heredia, D.F. 2005. Report of molluscivory in *Atractus carrioni* Parker, 1930. Herpetozoa 18:185-186.
- Gómez, E.D., L. Merlo, L.A. Rodríguez & G. De Castro. 2019. Guía Fotográfica de las Serpientes No Venenosas del Parque Nacional Henri Pittier, Aragua Venezuela. Field Guides, Field Museum, Chicago, Illinois, USA.
- Harvey, M.B. 2008. New and poorly known *Dipsas* (Serpentes: Colubridae) from northern south America. Herpetologica 64: 522-451.
- Harvey, M.B. & D. Embert. 2008. Review of Bolivian *Dipsas* (Serpentes: Colubridae), with comments on the South American species. Herpetological Monographs, 22: 54-105.
- Jaramillo E., J. López Martínez, R. Ramírez & L.E. Velásquez Trujillo. 2014. Análisis morfológico del sistema reproductor e identificación molecular a través de los marcadores mitocondriales COI y 16S rRNA de *Megalobulimus oblongus* (Mollusca, Strophocheilidae) de Colombia. Revista Peruana de Biología 21:79-088.
- Laporta, I.L. & M.D.G. Salomao. 2004. Reptilian predators of terrestrial gastropods. Pp. 427-482. En G.M. Baker (ed.) Natural Enemies of Terrestrial Molluscs. CABI.
- Lotzkat, S., M. Natera-Mumaw, A. Hertz, J. Sunyer & D. Mora. 2008. New state records of *Dipsas variegata* (Duméril, Bibron & Duméril, 1854) (Serpentes: Colubridae) from northern Venezuela, with comments on natural history. Herpetotropicos 4:25-29.
- Manzanilla, J., A. Fernández-Badillo & R. Visbal. 1996. Fauna del Parque Nacional Henri Pittier, Venezuela: composición y distribución de los reptiles. Acta Científica Venezolana 47:191-204.
- Mertens, R. 1952. On snail-eating snakes. Copeia 1952:279.
- Natera, M., L.F. Esqueda González & M. Castelaín Fernández. 2015. Atlas Serpientes de Venezuela. Una Visión Actual de su Diversidad. Dimacofi Negocios Avanzados S.A. Santiago de Chile, Chile. 456 p.
- Navarrete, L.F., J.C. López-Johnston & A. Blanco 2006. Guía de las Serpientes de Venezuela: Biología, Venenos, Conservación y Checklist. Zoocriadero Ecopets C.A. 77 pp.
- Navarrete, L.F., E.D. Gómez-Fonseca, A. Blanco Dávila & N. Flauger. 2020. Las Serpientes de la Posada Ecológica Casa María, Valles Altos de Carabobo. Ediciones Explora. Caracas, Venezuela. 118 pp.
- Peters, J.A. 1960. The snakes of the subfamily Dipsadinae. Miscellaneous Publications Museum of Zoology, University of Michigan, 114:1-224, plates I-VIII.
- Queiroz Alves, F., A.J. Suzart Argolo & J. Jim. 2003. *Dipsas catesbyi* (Catesby's Snail-eater) prey. Herpetological Review 34:373-374.
- Ray, J. M., C.E. Montgomery, H.K. Mahon, A.H. Savitzky & K.R. Lips. 2012. Goo-Eaters: diets of neotropical snakes *Dipsas* and *Sibon* in Central Panama. Copeia 2012:197-202.
- Rembold, R. 1934. *Dipsas albifrons*, Dickkopfschlange. Blatt. Aquar. Terr. 45:38-385.



- Rivas, G. & O. Oliveros. 1998. Herpetofauna del estado Sucre, Venezuela: Lista preliminar de reptiles. Memoria Sociedad de Ciencias Naturales La Salle 147: 67-80.
- Roze, J.A. 1966. La Taxonomía y Zoogeografía de los Ofidios de Venezuela. Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. 362 pp.
- Sazima, I. 1989. Feeding behavior of the snail-eating snake, *Dipsas indica*. Journal of Herpetology 23:464-468.
- Sazima, I. & Muscat, E. 2016. Shelled baby food: Newly hatched goo-eating snakes of the genus *Dipsas* (Squamata: Dispsidae) prey on snails in nature. Herpetología Brasileira 5:63-64.
- Señaris J.C., Aristiguieta Padrón M.M., Rojas Gil H & FJM Rojas-Runjaic. 2018. Guía ilustrada de los anfibios y reptiles del valle de Caracas, Venezuela. Ediciones IVIC, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC). Caracas, Venezuela. 348 pp.
- Torrello, N.F., D.P. Araujo & H.B. Braz. 2012. Annual and daily activity patterns of the snail-eating snake *Dipsas bucephala* (Serpentes: Dipsadidae) in southeastern Brazil. South American Journal of Herpetology 7:252-258.
- Uetz, P., P. Freed & J. Hosek (Eds.). 2023. *Dipsas variegata*. The Reptile Database. <http://www.reptile-database.org>, [Consultado en agosto 2023].
- Velásquez-Trujillo, L.E. 2012. Cartilla: Diferencias entre el caracol invasor *Achatina fulica* y el caracol nativo *Megalobulimus oblongus*. Medellín: Unidad de Malacología Médica y Tremátodos/ Programa de Estudio y Control de Enfermedades Tropicales.
- Zaher, H., L. De Oliveira, F.G. Grazziotin, M. Campager, C. Jared, M. Antoniazzi & A.L. Prudente. 2014. Consuming viscous prey: a novel protein-secreting delivery system in neotropical snail-eating snakes. BMC Evolutionary Biology 14:1-28.



AMPLIACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA RANA *CHARADRAHYLA TAENIOPUS* (ANURA: HYLIDAE) EN EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

RANGE EXTENSION OF THE FROG *CHARADRAHYLA TAENIOPUS* (ANURA: HYLIDAE) IN THE STATE OF SAN LUIS POTOSI, MEXICO

Rocío Gabriela Escobedo-Cadena¹, Linda Lili Hernández-Marmolejo¹, Christoph Imre Grünwald^{2,3} & Uri Omar García-Vázquez^{*1}.

¹Laboratorio de Sistemática Molecular, Carrera de Biología, UMIEZ, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, Batalla 5 de mayo s/n, Col. Ejército de Oriente, 09230 CDMX, México.

²Biodiversa A.C., Avenida de la Ribera #203, 45900, Chapala, Jalisco, México.

³Herp.mx A.C., 28953, Villa de Álvarez, Colima, México.

*Correspondence: urigarca@gmail.com

Received: 2023-10-08. Accepted: 2024-03-22. Published: 2024-04-30.

Editor: Leticia M. Ochoa-Ochoa, México.

El Calate Jarocho *Charadrahyla taeniopus* (Günther, 1901) es una rana mediana, con una longitud de hocico-cloaca (LHC) máxima en machos de 65.9 mm, mientras que en hembras es de 70 mm. Presenta un dorso verde (macho) o marrón (hembra) con manchas más oscuras; bandas transversales oscuras en las extremidades; vientre claro, de blanco cremoso a marrón,

que puede llegar a presentar manchas de color marrón oscuro. La cabeza es tan ancha como el cuerpo y la parte superior de la cabeza es plana; en perfil dorsal el hocico es truncado en hembras y acuminado en machos, en vista lateral el hocico sobresale más allá de la mandíbula inferior por delante de las fosas nasales en machos, mientras que en hembras el hocico es

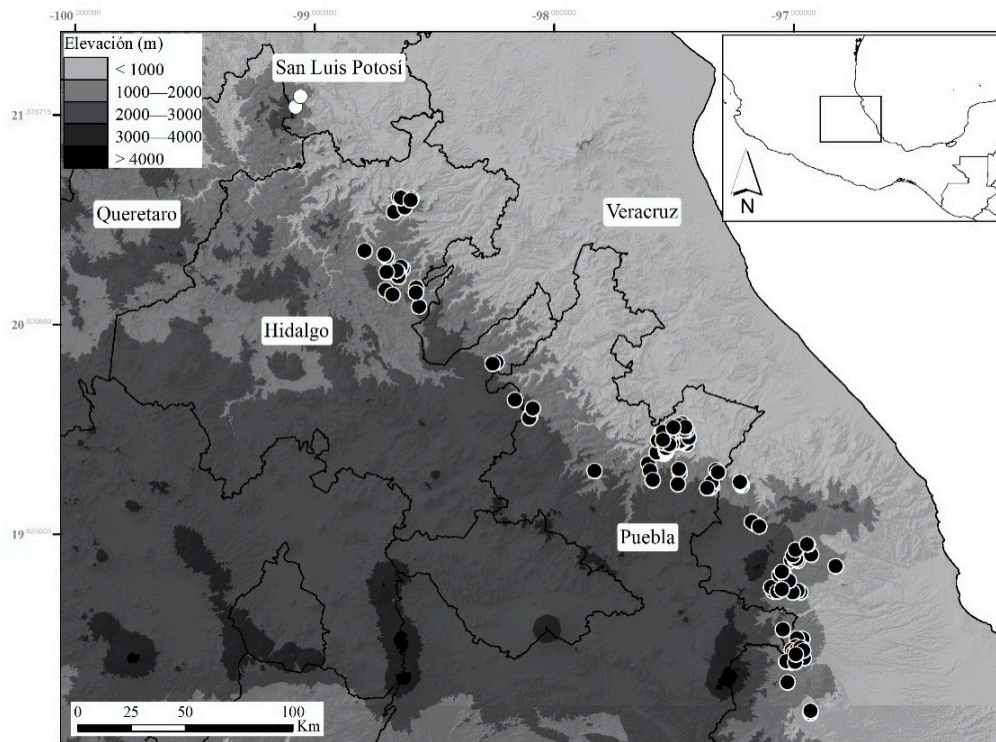


Figure 1. Geographic distribution of *Charadrahyla taeniopus*. The historical records represent those records obtained from the Enciclovida digital platform (Enciclovida, 2022).

Figura 1. Distribución geográfica de *Charadrahyla taeniopus*. Los registros históricos representan los registros obtenidos de la plataforma digital Enciclovida (Enciclovida, 2022).

redondeado y poco sobresaliente (Duellman, 1970; Serrano, 2018; Cruz-Elizalde et al., 2020).

Su área de distribución conocida está restringida a una región comprendida entre los estados de Hidalgo, Puebla y Veracruz (Duellman, 1970, 2001), con su registro más norteño ubicado en el municipio de Tianguistengo en el noreste de Hidalgo (Duellman, 2001), y su registro más sureño ubicado a 7.5 kilómetros al sureste de Huatusco, Veracruz (Fig. 1). En este trabajo reportamos el primer registro de *C. taeniopus* en San Luis Potosí, que a su vez representa el registro más norteño de esta especie endémica de México (Conabio, 2019; Cruz-Elizalde, 2020; López & Martínez, 2023).

Los ejemplares recolectados fueron depositados en la Colección de Herpetología del Museo de Zoología, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM (MZFZ) y en el caso de los organismos observados, pero no colectados, se tomaron fotografías que fueron catalogadas en la Colección Digital de Vertebrados de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM (MZFZ-IMG).

Durante el trabajo de campo realizado el 2 de mayo del 2017 se observaron dos ejemplares jóvenes sin sexar de *C. taeniopus* (Fig. 2); MZFZ IMG423–24 (CIG 1105–06) en “La Cueva de los Manantiales” en la localidad de La Trinidad, en el municipio de Xilitla, San Luis Potosí (21.40806° N, 99.08054° O, WGS84, 2099 m.s.n.m.), en bosque mesófilo de montaña; estos ejemplares se observaron sobre rocas en una cueva natural a 30 metros de

la entrada sobre un arroyo subterráneo. Presentaron un color verdoso con manchas verde oliva más oscuras, con flancos amarillo verdoso y bandas transversales en las extremidades y pies.

El 18 de abril del 2019 se recolectaron tres ejemplares jóvenes, dos hembras (MZFZ 4480–81) y un macho (MZFZ 4482) en la localidad de la Silleta, en el Municipio de Xilitla, San Luis Potosí (21.4513° N, 99.0605° O, WGS84, 1,255 m.s.n.m.) en bosque mesófilo de montaña. Los ejemplares observados presentan una LHC de 48.58 mm, 56.90 mm y 63.08 mm respectivamente, un dimorfismo sexual visible en la forma del hocico, además de tener la piel del dorso lisa y bandas transversales oscuras en las extremidades. Estos caracteres permitieron asignar de manera confiable todos los especímenes a *C. taeniopus*.

Además de los ejemplares aquí reportados, existe un registro previo en el estado de San Luis Potosí, en la localidad de la Silleta, en el Municipio de Xilitla (21.4517° N, 99.0591° O, WGS84, 1,249 m.s.n.m), en la plataforma de ciencia ciudadana Naturalista (Naturalista, 2022). El ejemplar fue registrado el 13 de julio del 2022.

En combinación, estos registros representan los primeros registros para el estado de San Luis Potosí (Conabio, 2019; Cruz-Elizalde, 2020; López & Martínez, 2023) y las localidades son los puntos más septentrionales de la distribución de la especie, extendiendo su área de distribución aproximadamente 92 km al noroeste de la localidad más cercana en Tianguistengo,

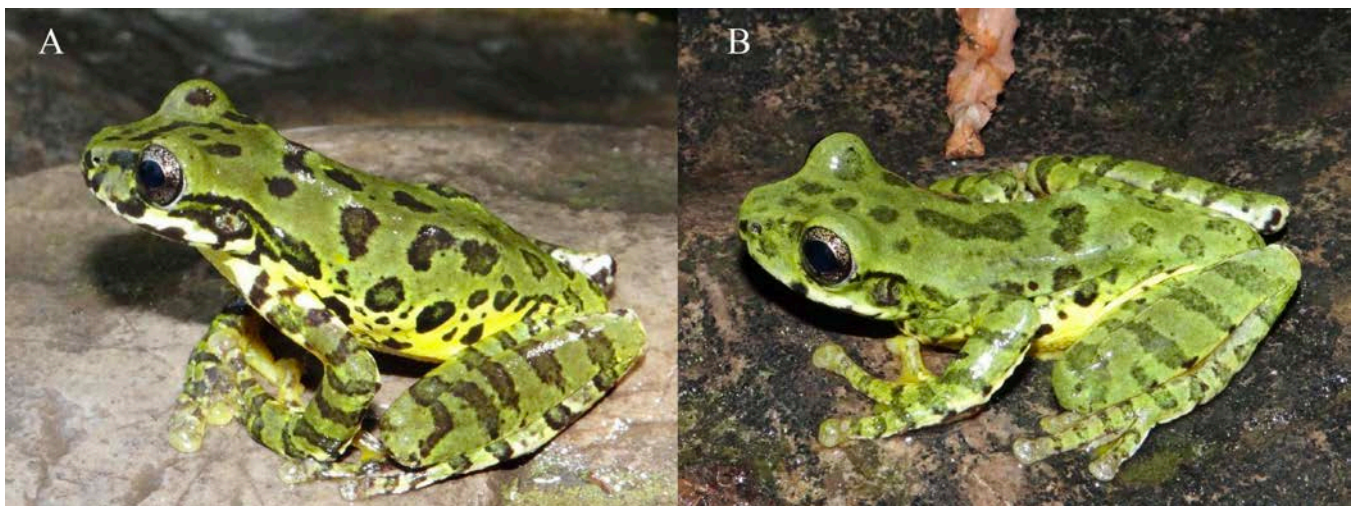


Figure 2. Young specimens of *Charadrahyla taeniopus* observed at La Trinidad, Xilitla, San Luis Potosí A) MZFZ-IMG-424 and B) MZFZ-IMG-423. Photos: Christoph I. Grünwald.

Figura 2. Especímenes jóvenes de *Charadrahyla taeniopus* observados en La Trinidad, Xilitla, San Luis Potosí. A) MZFZ-IMG-424 y B) MZFZ-IMG-423. Fotos: Christoph I. Grünwald.

Hidalgo (Duellman, 2001). Además, se reporta por primera vez la presencia de esta especie dentro de cuevas.

Agradecimientos.- El trabajo de campo fue realizado con fondos de la Dirección General de Apoyo al Personal Académico, Universidad Nacional Autónoma de México (PAPIIT-IN 221016) y CONAHCY (A1-S-37838) otorgados a Uri García-Vázquez. André J. Grünwald-Nuño, J. C. Sánchez-García y A. E. Valdenegro-Brito por su ayuda en el trabajo de campo. Las colectas se realizaron con el aval de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (permiso FAUT 0243), conferido a Uri García-Vázquez.

LITERATURA CITADA

Cruz-Elizalde, R., I. Magno-Benítez, C. Berriozabal-Islas, R. Ortíz-Pulido, A. Ramírez-Bautista & R. Hernández-Austria. 2020. Climatic niche, natural history, and conservation status of the Porthole Treefrog, *Charadrahyla taeniopus* (Günther, 1901) (Anura: Hylidae) in Mexico. *Amphibian & Reptile Conservatio* 14:10-21.

Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Gobierno del Estado de San Luis Potosí. 2019. La Biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de Estado . CONABIO, México.

Duellman, W.E. 1965. Frogs of the *Hyla taeniopus* group. *Copeia* 1965:159–168.

Duellman, W.E. 1970. The Hylid Frogs of Middle America. Volume 2. Museum of Natural History, University of Kansas, Lawrence, Kansas, USA.

Duellman, W.E. 2001. The hylid frogs of Middle America, Volume 2. Natural History Museum of the University of Kansas, Ithaca, New York, USA.

Enciclovida. 2022. Calate jarocho *Charadrahyla taeniopus*. <https://enciclovida.mx/> [Consultado en Noviembre 2022].

López, R.P. & J.C. Martínez. 2023. Herpetofauna en un paisaje rural de la Sierra Madre Oriental, San Luis Potosí, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:387-136.

Naturalista. 2022. Calate Jarocho (*Charadrahyla taeniopus*). <https://mexico.inaturalist.org/> [Consultado en Noviembre 2022].

Serrano, J.M. 2018. The amplexant and aggressive calls and notes on the reproductive behavior of the Porthole Frog (*Charadrahyla taeniopus*). *Herpetology Notes* 11:819-823.



NUEVOS REGISTROS DE DISTRIBUCIÓN DE *CONIOPHANES SCHMIDTI* (SQUAMATA: DIPSADIDAE) EN GUATEMALA

NEW DISTRIBUTION RECORDS OF *CONIOPHANES SCHMIDTI* (SQUAMATA: DIPSADIDAE) IN GUATEMALA

Mario R. Rivera-Yurrita^{1*} & Carlos R. Vásquez-Almazán^{1,2}

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

²Museo de Historia Natural, Escuela de Biología, Universidad de San Carlos de Guatemala, Calle Mariscal Cruz, l-⁵⁶, zona ¹⁰, Guatemala, Guatemala.

*Correspondence: mrodrigo199761@gmail.com

Received: 2024-02-12. Accepted: 2024-03-25. Published: 2024-04-30.

Editor: Ana Gatica Colima, México.

La culebra rayada yucateca, *Coniophanes schmidti* (Dipsadidae) se distribuye principalmente en la Península de Yucatán y el estado de Chiapas, México; así como en el norte de Belice y en el norte del departamento de Petén, Guatemala (Fig. 1) (Lee, 1996; Campbell, 1998; Köhler, 2008). En el área de Petén la especie se distribuye desde el municipio de La Libertad y por toda la Reserva de la Biosfera Maya (RBM) (Lee, 1996; Campbell, 1998). Aparenta seguir la restricción geográfica conocida como el arco húmedo de Petén o arco del Lacandón, que se extiende desde la Sierra del Lacandón en La Libertad, Petén hasta el área de Montañas Mayas en Belice (Marshall, 2007). En esta nota se reportan tres localidades nuevas para esta especie de serpiente, debido a que no había registros previos en el sur de Petén, Guatemala.

Guatemala: Petén: Poptún. Parque Regional Municipal la Enea (16.31743° N, 89.46587° W; WGS84; 465 m.s.n.m.); 18 de junio de 2023. Se encontró un individuo juvenil de *Coniophanes schmidti* (325 mm de longitud total (LT); 225 mm de longitud hocico-cloaca (LHC), muerto en la entrada del Parque Municipal, a las 11:45 horas; la vegetación presente en el área corresponde a sabana de pino (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*) típica de la región, rodeada por potreros. El ejemplar presentaba diversas heridas a lo largo del cuerpo (Fig. 2A), atribuidas a picotazos de aves, pues contaba con varias de forma circular, se desconoce la identidad del ave que pudo ocasionarlas. Este es el registro con mayor elevación conocido para la especie, ya que no se había registrado a alturas mayores de 300 m.s.n.m. (Köhler, 2008). Asimismo, es el primer registro para las Montañas Mayas del lado de Petén, con el que se amplía su distribución aproximadamente 80 km en línea recta al sureste desde el punto más cercano conocido en la localidad de Santa Teresa, San Francisco, Petén (16.65° N, 90.13° W; WGS84; 130 m.s.n.m.). (GBIF, 2023).

Guatemala: Alta Verapaz. Chisec. Finca Yalmachac (16.02949° N, 90.37999° W; WGS84; 173 m.s.n.m.) 15 de septiembre de 2021. Se encontró un individuo juvenil de *Coniophanes schmidti* (367 mm, LT; 250 mm, LHC), reptando sobre rocas de origen kárstico en el suelo de un remanente de bosque latifoliado (Fig. 2B), rodeado completamente por plantaciones de palma africana (*Elaeis guineensis*). Con este registro la especie amplía su ámbito de distribución en dirección suroeste aproximadamente 74 Km desde el punto cercano en Santa Teresa, San Francisco, Petén (GBIF, 2023). El individuo representa el primer registro de la especie para el departamento de Alta Verapaz, norte de Guatemala.

Guatemala: Petén: San Luis. Refugio de Vida Silvestre Xutilhá. Comunidad Nacimiento Machaquilaito. (16.11273° N, 89.64272° W; WGS84; 194 m.s.n.m.); 9 de julio de 2020. Se encontró un individuo adulto de *Coniophanes schmidti* (445 mm LT; 323 mm LHC) a las 21:40 horas, en un campo de maíz, reptando sobre unas rocas (Fig. 3C). Este registro se da aproximadamente a 79 km en línea recta al sureste de Santa Teresa, San Francisco, Petén (GBIF, 2023).

Todos los individuos fueron identificados por medio de las guías de campo de Lee (1996) y Campbell (1998). La corroboración de la identificación de los individuos la hizo José Rogelio Cedeño Vásquez curador de la colección herpetológica del Museo de Zoología del Colegio de la Frontera Sur. Todos los individuos fueron fotografiados en vida (a excepción del espécimen de Poptún que fue fotografiado ya preservado) y colectados de forma manual; sacrificados utilizando anestesia local (lidocaína), y depositados en la colección de referencia de anfibios y reptiles

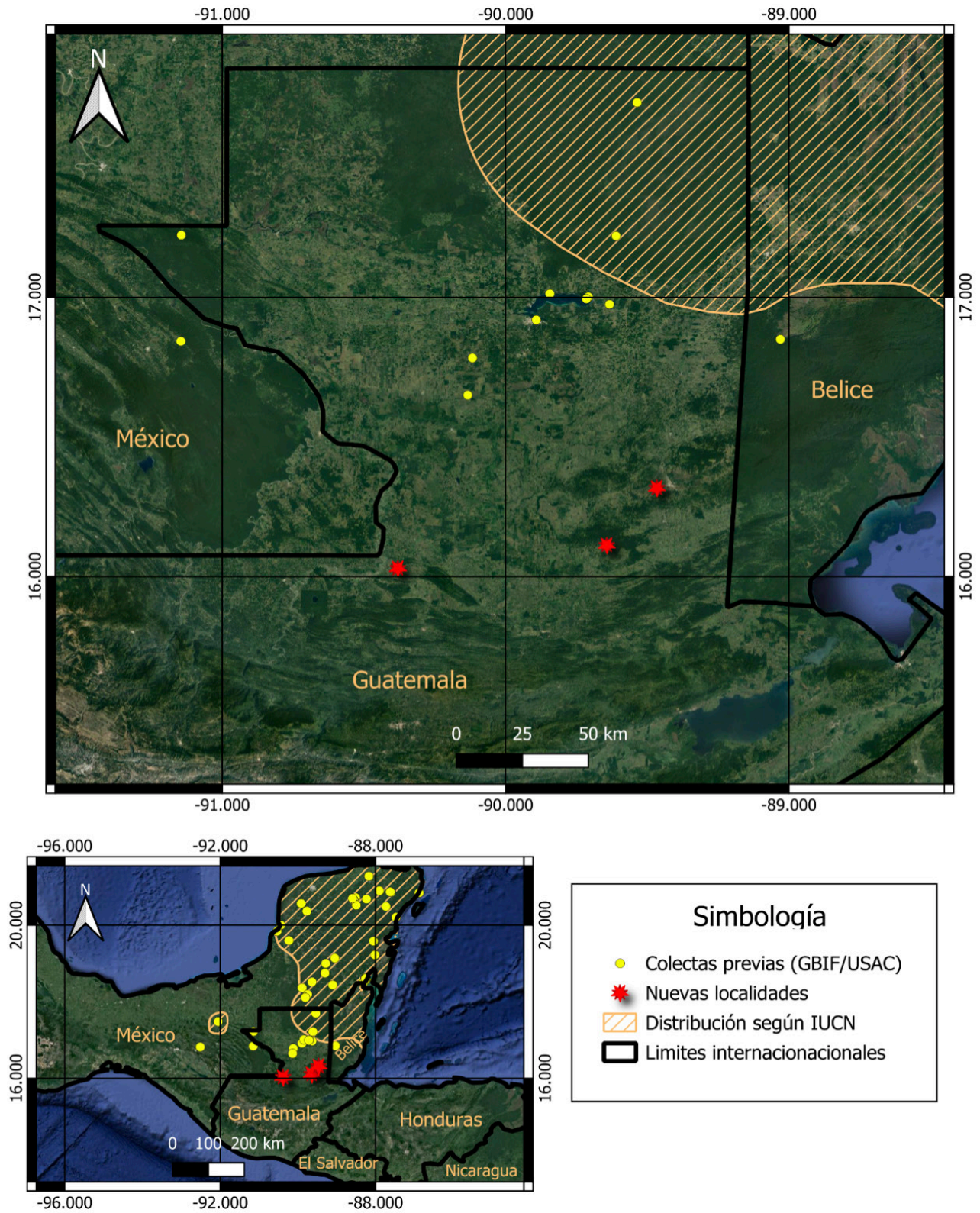


Figure 1. Map with collection points and the distribution of *Coniophanes schmidtii* according to the IUCN (Lee & Calderón-Mandujano, 2013).

Figura 1. Mapa con los puntos de colecta y la distribución de *Coniophanes schmidtii* según la IUCN (Lee & Calderón-Mandujano, 2013).



Figure 2. Specimens of *Coniophanes schmidtii* in different localities: A) Poptún, Petén. Photo: Mario R. Rivera Yurrita; B) Chisec, Alta Verapaz. Photo: Andrid Ramírez; C) San Luis, Petén. Photo: Mario R. Rivera-Yurrita.

Figura 2. Especímenes de *Coniophanes schmidtii* en diferentes localidades: A) Poptún, Petén. Foto: Mario R. Rivera Yurrita; B) Chisec, Alta Verapaz. Foto: Andrid Ramírez; C) San Luis, Petén. Foto: Mario R. Rivera-Yurrita.

Table 1. Localities of the new records of *Coniophanes schmidtii* in Guatemala.**Tabla 1.** Localidades de los nuevos registros de *Coniophanes schmidtii* en Guatemala.

| Número USAC | Departamento | Localidad | Latitud N | Longitud W | m.s.n.m. |
|-------------|--------------|---|-----------|------------|----------|
| USAC 5905 | Petén | Poptún, Parque Regional Municipal la Enea | 16.31743° | 89.46587° | 465 |
| USAC 5252 | Alta Verapaz | Chisec, Finca Yalmachac | 16.02949° | 90.37999° | 173 |
| USAC 5100 | Petén | San Luis, Refugio de Vida Silvestre Xutilhá, Comunidad Nacimiento Machaquilaito | 16.11273° | 89.64272° | 194 |

de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) (Tabla 1), Ciudad de Guatemala, Guatemala.

Estos registros extienden la distribución de *C. schmidtii* hacia el sur. Todos estos hábitats son áreas amenazadas debido a la presencia de monocultivos como palma africana y cultivos de maíz. La culebra rayada yucateca (*C. schmidtii*) presenta cierto grado de resistencia a la perturbación de su hábitat, por lo que puede sobrevivir en estos ambientes (Lee, 1996; Campbell, 1998).

Agradecimientos.– A los guardarecursos de CONAP Poptún por el acompañamiento; y CONAP y el departamento de vida silvestre por proporcionar las licencias de colecta No. 0719-B y No.0753-B y la licencia de investigación No.0010-C, con la que se colectaron los datos que acá presentamos.

LITERATURA CITADA

Campbell J.A. 1998. The Amphibians and Reptiles of Northern Guatemala, Yucatán, and Belize. University of Oklahoma Press, Norman, Oklahoma, USA. 367 pp.

GBIF. 2023. GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.u65y2w>. [Consultado en diciembre de 2021]

Köhler, G. 2008. Reptiles of Central America. 2nd Edition. Herpeton, Germany.

Lee, J. 1996. The Amphibians and Reptiles of the Yucatan Peninsula. Cornell University Press, New York, New York, USA.

Lee, J. & R. Calderón-Mandujano. 2013. *Coniophanes schmidtii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T63757A3128882 <https://www.iucnredlist.org/species/63757/3128882> [Consultado en diciembre de 2023].

Marshall, J.S. 2007. The geomorphology and physiographic provinces of Central America. Central America: Geology, Resources and Hazards 1:5-121.



THE GUATEMALA TREE FROG, *ECNOMIOHYLA MINERA* (ANURA: HYLIDAE), AN ADDITION TO THE HERPETOFAUNA OF MEXICO

LA RANA ARBORÍCOLA DE GUATEMALA, *ECNOMIOHYLA MINERA* (ANURA: HYLIDAE), UNA ADICIÓN A LA HERPETOFAUNA DE MÉXICO

César Luis Barrio-Amorós¹, Daniel Joaquín Sánchez-Ochoa^{*2}, Christopher Kemal Akcali², Oscar A. Flores-Villela³, Ricardo Palacios-Aguilar³ & Hibraim Adán Pérez-Mendoza²

¹CRWild, San José, Costa Rica.

²Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Tlalnepantla, México.

³Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera" de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

*Correspondence: bioecochoa@gmail.com

Received: 2023-11-12. Accepted: 2024-01-08. Published: 2024-05-03.

Editor: Ana Gatica Colima, México.

The genus *Ecnomiohyla* (Faivovich et al., 2005) consists of 12 species from Mesoamerica and northwestern South America. All members are large to very large canopy-dwelling treefrogs, and data on their taxonomy, natural history, and biogeography are limited (Mendelson et al., 2015). Only two *Ecnomiohyla* species have been documented in Mexico so far: *E. echinata* (Duellman, 1961) and *E. valancifer* (Firschein & Smith, 1956). *Ecnomiohyla echinata* is the most westerly distributed member of the genus, which has been documented from mid-elevations (1,200–1,500 m a.s.l.) of the northern slope of the Sierra de Juárez, Oaxaca (Duellman, 2001), and has not been collected since 1969 (Mendelson et al., 2015). *Ecnomiohyla valancifer* is the northernmost member of the genus and is only known from Volcán San Martín in the Sierra de los Tuxtlas, Veracruz.

An adult individual of *E. minera* (Wilson, McCranie & Williams, 1985) was collected on 27 July 2018 near the community of Nahá (16.974467° N, 91.572017° W, 1,000 m a.s.l.), municipality of Ocosingo, Chiapas, Mexico. The frog was captured during a dry night (ca. 21:00 h) inside a bromeliad ca., 1.5 m of the forest floor in mature premontane moist forest, the previously reported records were in highland rainforest habitat (Mendelson et al., 2015). The habitat featured trees 15 m high with deep leaf litter.

The specimen was preserved and catalogued at the herpetological collection of the Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México MZFC 36211; Figs. 1-3). This locality extends the known distribution of *E. minera* 127.4 km NNW of the closest record near Barillas, Finca

Chiblac, Montaña Los Angeles, Guatemala (15.87341° N, 91.24007° W, 1,205 m a.s.l.; Vásquez-Almazán et al., 2014).

The specimen is an adult female with the following characteristics that are consistent with *E. minera* (Mendelson et al., 2015): cranial co-ossification present, snout-vent length (66.3 mm), head length (22.8 mm), head width (26.7 mm), hand length (22.6 mm), foot length (31.4 mm), tibia length (35.9 mm), highly tuberculate dorsum, vocal slits present, webbing on right hand (I2—2.25II0.75—1.5III1.25—1IV), and webbing on right foot (I0.75—1.5II0.75—1.5III1—1.25IV0.75—0.75V; Fig. 2).

Ecnomiohyla minera was described from "4.2 km (by road) S Purulhá, 1,760 m elevation, Depto. Baja Verapaz, Guatemala" and is known in Guatemala at elevations from 701–1,830 m in the Sierra de las Minas, Baja Verapaz, and the Caribbean slope of the Sierra de los Cuchumatanes, Huehuetenango, and at Sierra de Santa Cruz, Izabal, Guatemala. It has also been recorded in Belize in the southern part of the Maya Mountains in the Toledo District (Fig. 4). It is interesting to highlight one feature that is not often seen in hylids. This female has vocal slits, which confirms a little known and understudied property; females of some species in the genus call, as it was demonstrated by Salazar et al. (2021a) for *E. sukia*.

Despite being an important component of biodiversity, canopy dwelling vertebrates are remarkably under-sampled (Kays & Allison 2001). This particularly applies to the members of the genus *Ecnomiohyla*. Although in recent years, new species, populations and novel natural history data have been



Figura 1. *Ecnomiohyla minera* colectada en Nahá, Chiapas (MZFC 36211). A) Superficie dorsal de *Ecnomiohyla minera* B) Vista lateral de *Ecnomiohyla minera* C) Detalle frontal de la cabeza de *Ecnomiohyla minera* D) Vista general *Ecnomiohyla minera*

Figure 1. *Ecnomiohyla minera* collected at Nahá, Chiapas (MZFC 36211). A) Dorsal surface of *Ecnomiohyla minera*. B) Lateral view of *Ecnomiohyla minera*. C) *Ecnomiohyla minera* front head detail. D) *Ecnomiohyla minera* general view.

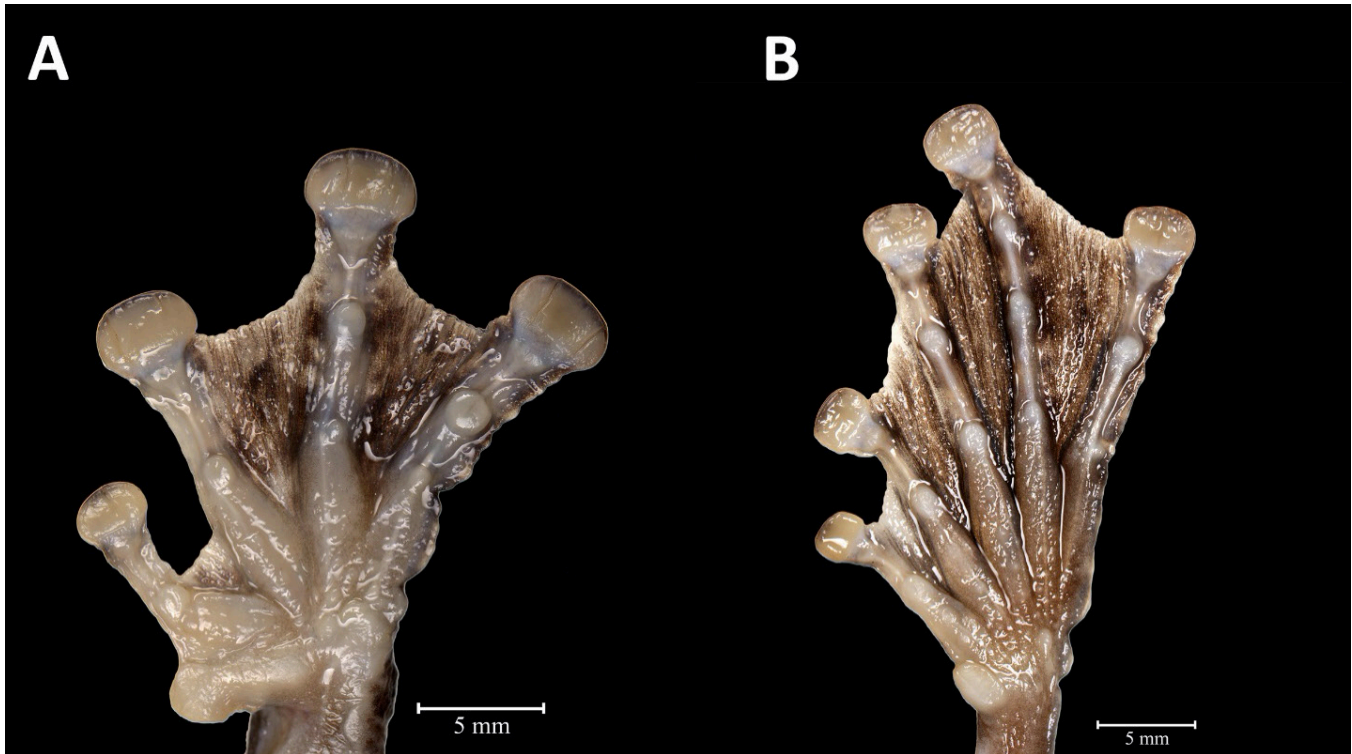


Figura 2. Extremidad anterior (A) y posterior (B) de *Ecnomiohyla minera* (MZFC 36211). / **Figure 2.** Fore (A) and hindlimb (B) of *Ecnomiohyla minera* (MZFC 36211).

recorded for the fringe-limbed frogs in Lower Central America (e. g. Savage 2002; Savage & Kubicki 2010; Batista et al., 2014; Barrio-Amorós & Torres 2017; Salazar et al., 2021b; Salazar et al., 2023; van Noppen et al., 2023); this is not the case for the taxa occurring in Mexico and Nuclear Central America. Although recent specimens have been recorded from Natural Protected Areas (Solís et al., 2017; Thorp et al., 2021), individuals obtained in past decades remain scarce, and some have not been sighted in over 40 years (Mendelson et al., 2015). Given the alleged recent extinction of other members of the genus (Mendelson, 2016) and the documented amphibian populations declines worldwide, nowadays is crucial to gather as much information on the distribution and natural history of this and other imperiled frogs.

The presence of *E. minera* in southern Mexico has been previously predicted (Duellman 2001; Mendelson et al., 2015), and this species might also occur at mid-elevations throughout the Lacandon rainforest in Mexico. Our record increases the number of *Ecnomiohyla* species in Mexico to three (Fig. 4).

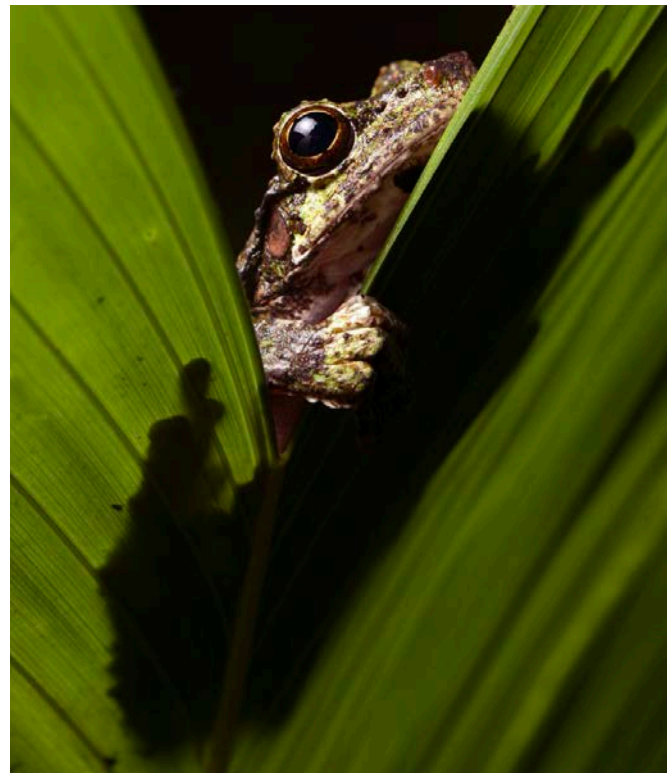


Figura 3 (der.). *Ecnomiohyla minera*. / **Figure 3 (right).** *Ecnomiohyla minera*

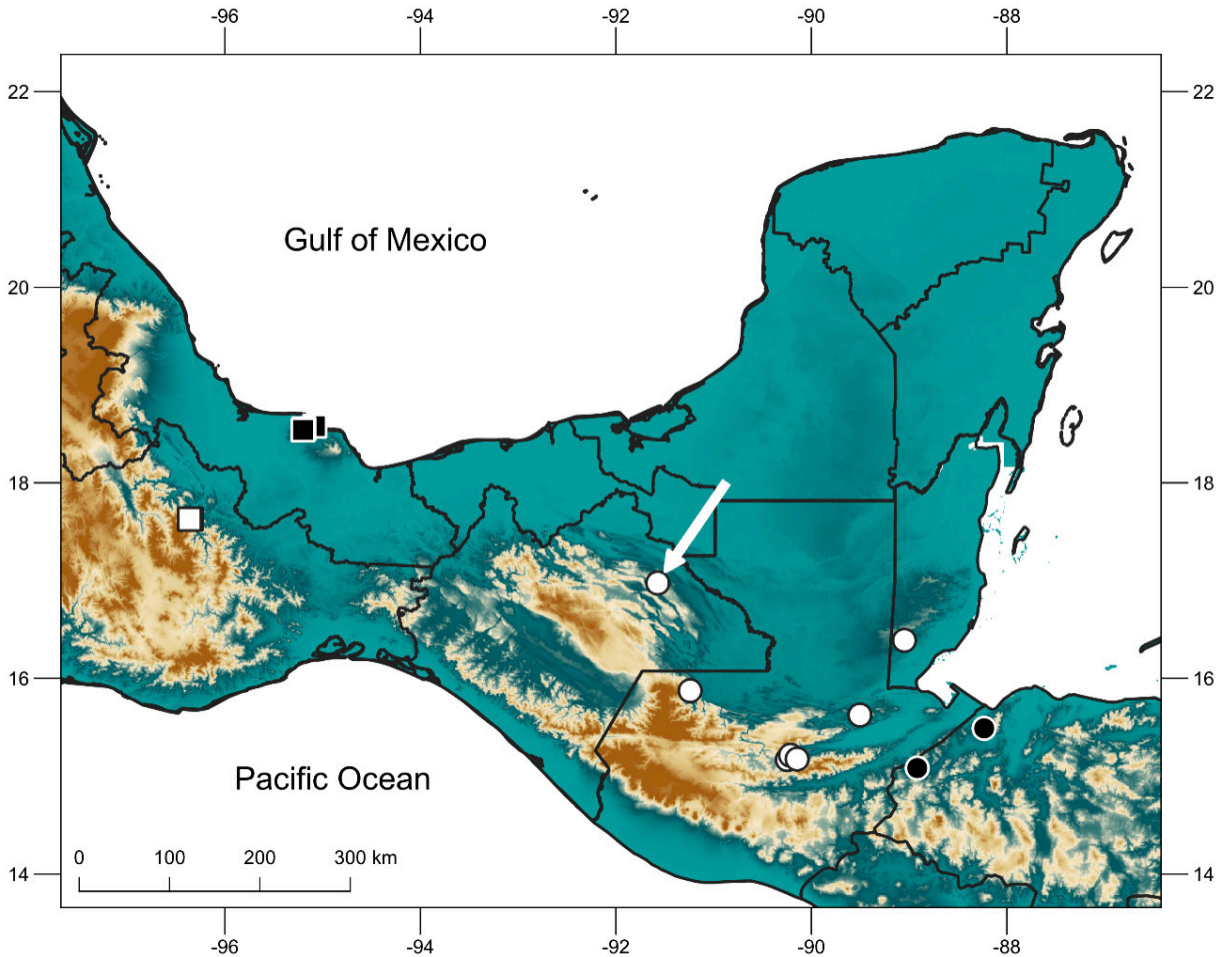


Figura 4. Distribución del género *Ecnomiohyla* en México y América Central. Localidades registradas de *Ecnomiohyla valancifer* (cuadrados negros), *Ecnomiohyla echinata* (cuadrados blancos), *Ecnomiohyla salvaje* (círculos negros) y *Ecnomiohyla minera* (círculos blancos). La flecha blanca indica el nuevo espécimen colectado.

Figure 4. Distribution of the genus *Ecnomiohyla* in Mexico and Northern Central America. *Ecnomiohyla valancifer* (black squares), *Ecnomiohyla echinata* (white squares), *Ecnomiohyla salvaje* (black circles) and *Ecnomiohyla minera* (white circles) registered localities. White arrow indicates the new specimen collected.

Acknowledgements.— We thank the Mexican government (SGPAJDGVS/09347/16) and the community of Nahá for providing permission to conduct this research. We thank Jonathan A. Campbell and Joseph R. Mendelson III for their help with identification.

CITED LITERATURE

Barrio-Amorós, C.L. & H. Torres. 2017. *Ecnomiohyla miliaria*. Distribution in Pacific Costa Rica. *Mesoamerican Herpetology* 4:660-661.

Batista A., A. Hertz, K. Mebert, G. Köhler, S. Lotzkat, M. Ponce, and M. Vesely. 2014. Two new fringe-limbed frogs of the genus *Ecnomiohyla* (Anura: Hylidae) from Panamá. *Zootaxa* 3826:449-474.

Duellman, W.E. 1961. A new species of fringe-limbed tree frog from Mexico. *Studies of American hylid frogs. VIII. Transactions of the Kansas Academy of Science* 64:349-352.

Duellman, W.E. 2001. *Hylid Frogs of Middle America*. Second Edition. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Contributions to Herpetology No. 18.

- Faivovich, J., C.F.B. Haddad, P.C.A. Garcia, D.R. Frost, J.A. Campbell & W.C. Wheeler. 2005. Systematic review of the frog family Hylidae, with special reference to Hylinae: phylogenetic analysis and taxonomic revision. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 294:1-240.
- Firschein, I.L. & H.M. Smith. 1956. A new fringe-limbed *Hyla* (Amphibia: Anura) from a new faunal district of Mexico. *Herpetologica* 12:17-58.
- Frost, Darrel R. 2024. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.2 (Accessed 02 January 2024). Electronic Database accessible at <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>.
- Kays, R. & A. Allison. 2001. Arboreal tropical forest vertebrates: current knowledge and research trends. *Plant Ecology* 153:109-120.
- Mendelson, J.R. III. 2016. A frog dies in Atlanta, and a world vanishes with it. *The New York Times Sec. A*:21.
- Mendelson, J.R., III, A. Eichenbaum & J. A. Campbell. 2015. Taxonomic review of the populations of the Fringe-limbed Treefrogs (Hylidae: *Ecnomiohyla*) in Mexico and Nuclear Central America. *South American Journal of Herpetology* 10:187-194.
- Salazar, S., A.C. Montes-Correa & C.L. Barrio-Amorós. 2021a. Description of two previously unknown anuran vocalizations from the Caribbean rainforests of Costa Rica. *Anartia* 32:67-70.
- Salazar, S., R. González & C.L. Barrio-Amorós. 2021b. New Data on reproduction of the shaman fringe-limbed treefrog, *Ecnomiohyla sukia* Savage and Kubicki 2010 (Anura: Hylidae). *Reptiles & Amphibians* 28:525-526.
- Salazar, S., C. Rojas-Rodríguez, V. Aspinall & J.G. Abarca. 2023. Oophay in the tree-hole dwelling tadpoles of *Ecnomiohyla sukia* (Hylidae) in Costa Rica. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:1-5.
- Savage, J.M. 2002. *The Amphibians and Reptiles of Costa Rica: a Herpetofauna Between Two Continents, Between Two Seas*. University of Chicago Press. Chicago, Illinois, USA.
- Savage, J.M. & B. Kubicki. 2010. A new species of fringe-limbed frog, genus *Ecnomiohyla* (Anura: Hylidae), from the Atlantic slope of Costa Rica, Central America. *Zootaxa* 2719:21-34.
- Solís, J.M., P. Taylor & J. Lopez-Paredes. 2017. Confirmation of the occurrence of a poorly known species, *Ecnomiohyla salvaje* (Anura: Hylidae) from El Cusuco National Park, Honduras with an updated list of its amphibian species. *Alytes* 34:61-67.
- Thorp, C., C.D. Phipps, G. Lonsdale, C. Arrivillaga, T.W. Brown & A. Snyder. 2021. *Ecnomiohyla salvaje* Hylidae (Wilson, McCranie & Williams 1985) in Cusuco National Park, Honduras: morphological descriptions of adults and metamorphs with notes on ecology, natural history, and the conservation implications of amphibian chytrid fungus (Bd). *Journal of Mesoamerican Biology Special Issue: Biodiversity of the Cordillera del Merendón* 1:70-88.
- van Noppen, M., Quesada F., Puschendorf R., Varela-Soto D., Campobasso M., Vela D., Aspinall V. & J. G. Abarca. 2023. Range extension of *Ecnomiohyla sukia* (Hylidae) in Guanacaste, Costa Rica. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:236-240.
- Vásquez-Almazán, C.R., T.A. Herman & E.R. López. 2014. Geographic Distribution. *Ecnomiohyla minera* (Guatemala Treefrog). *Herpetological Review* 45:86.
- Wilson, L.D., J.R. McCranie & K.L. Williams. 1985. Two new species of fringe-limbed hylid frogs from Nuclear Central America. *Herpetologica* 41:141-150.



INTENTO DE DEPREDACIÓN DE *CTENOSAURA SIMILIS* (SQUAMATA: IGUANIDAE) POR *MASTIGODRYAS MELANOLOMUS* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) EN YUCATÁN, MÉXICO

PREDATION ATTEMPT OF *CTENOSAURA SIMILIS* (SQUAMATA: IGUANIDAE) BY *MASTIGODRYAS MELANOLOMUS* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) IN YUCATÁN, MÉXICO

Enrique Valdez-Escobedo¹ & Daniel Ricardo Durán-Arceo^{2*}

¹Tlacuatzin A.C. Calle 65 entre 31 y 34 col. Centro, C.P. 97000, Mérida, Yucatán, México.

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

*Correspondence: danielricardo.drn@gmail.com

Received: 2023-03-06. Accepted: 2024-04-11. Published: 2024-05-03.

Editor: Jorge Éufrates Morales Mávil, México.

Abstract.— We report the first observation of a salmon-bellied racer (*Mastigodryas melanolomus*) trying to predate a common spiny-tailed iguana (*Ctenosaura similis*).

Keywords.— Natural history, trophic interaction, urban herpetofauna, Yucatán Peninsula.

Resumen— Reportamos la primera observación de una Culebra Lagartijera (*Mastigodryas melanolomus*) tratando de depredar a una Iguana Negra de cola espinosa (*Ctenosaura similis*).

Palabras clave.— Herpetofauna urbana, historia natural, interacción trófica, península de Yucatán.

Mastigodryas melanolomus es un colúbrido de tamaño mediano (alcanzando hasta 100 cm de Longitud Hocico-Cloaca, LHC) ampliamente distribuido a lo largo de Mesoamérica, desde los estados mexicanos de Tamaulipas y Sinaloa, hasta Panamá, los ejemplares adultos se caracterizan por poseer una coloración café oliva, mientras que en juveniles se presentan franjas blancas horizontales. Se han reportado diversas presas para esta especie, entre las cuales están pequeños mamíferos como las musarañas (*Cryptotis* sp.), polluelos de aves, ranas, insectos y pequeñas serpientes, tales como *Tantillita canula* y *Geophis nasalis* (Seib, 1984; Lee, 1996; Diaz-Gamboa et al., 2020).

Es importante mencionar que la base de su dieta se ve dada por lagartijas, habiéndose reportado diferentes especies de *Anolis*: *A. nebulosus*, *A. limifrons*, posiblemente *A. rodriguezii* y *A. sagrei*; así como teídos: *Holcosus undulatus*, *H. festivus*, *Aspidocelis angusticeps*, *A. lineatissimus*; lagartijas espinosas: *Sceloporus teapensis* y *S. chrysostictus* y eslizones: *Scincella incerta* y *Sincella* sp. (Seib, 1984; Lee, 1996; Dehling, 2009; Blanco et al., 2019; Diaz-Gamboa et al., 2020; Loc-Barragan et al., 2022).

No obstante, y hasta donde es de nuestro conocimiento, no existen registros publicados de la interacción trófica de esta especie con iguanas (Iguanidae) de ningún género, siendo esta nota el primer reporte de *Ctenosaura similis*, la iguana negra de cola espinosa, tratando de ser consumida por esta serpiente, por lo que es probable que forme parte, en especial los ejemplares juveniles, de la dieta de *M. melanolomus*.

El 23 de diciembre del 2023, a las 07:41 horas, se observó un ejemplar adulto de *M. melanolomus* sobre hojarasca en el Parque Arqueo-ecológico del Poniente “Ya'axtal”, ubicado al poniente de la ciudad de Mérida, Yucatán, México (20°58'48.2" N, 89°40'08.4" O, aprox. 11 m.s.n.m). Al momento de documentar al ejemplar a través de una fotografía (Fig. 1), se pudo observar que éste tenía capturada del cuello a un juvenil de iguana rayada negra (*C. similis*).

Durante varios minutos, la iguana mantuvo una resistencia activa contra la serpiente; forcejeó y trató de desplazarse, pero no pudo liberarse. Finalmente, pudo escapar cuando un perro



Figure 1. *Mastigodryas melanolomus* trying to feed on a *Ctenosaura similis*. A) Front view of the encounter, photograph by Enrique Valdez-Escobedo. B) The snake struggles against the iguana. Photo: Lisset Sánchez Rodríguez.

Figura 1. *Mastigodryas melanolomus* intentando alimentarse de una *Ctenosaura similis*. A: Vista frontal del encuentro, fotografía por Enrique Valdez-Escobedo. B: La serpiente forcejea contra la iguana. Foto: Lisset Sánchez Rodríguez.

doméstico interrumpió la interacción, provocando que la serpiente huyera.

Con esta observación reportamos la interacción depredador-presa entre dos especies de reptiles abundantes en zonas urbanas del estado de Yucatán, siendo *C. similis* el primer iguanido y el

lacértido de mayor tamaño registrado como una posible presa de *M. melanolomus*.

LITERATURA CITADA

- Blanco, E.O., J.R. Cedeño-Vázquez & P.M. Beutelspacher-García. 2019 *Mastigodryas melanolomus*. Diet. Natural History Notes. Herpetological Review 50:596-597.
- Dehling, M. 2009. *Mastigodryas melanolomus*. Prey. Herpetological Review 40:357.
- Díaz-Gamboa, L., May-Herrera, D., Gallardo-Torres, A., Cedeño-Vázquez, J.R., González-Sánchez, V., Chiappa-Carrara, X., Yáñez-Arenas, C. 2020. Catálogo de Reptiles de la Península de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. Secretaría de Investigación, Innovación y Educación Superior del Gobierno de Yucatán, Universidad Nacional Autónoma de México, Mérida, Yucatán.
- Lee, J.C. 1996. The Amphibians and Reptiles of the Yucatán Peninsula. Cornell University Press. Ithaca, New York, USA.
- Loc-Barragán, J.A., G.A. Woolrich-Piña, & L.D. Santana-Moreno. 2022. *Mastigodryas melanolomus* (Salmon-bellied Racer). Diet. Herpetological Review 53:344.
- Seib, R.L. 1984 Prey use in three syntropic neotropical racers. Journal of Herpetology 18:412-420.



NEW RECORDS OF TWO ANURAN SPECIES WITH ECOLOGICAL NOTES IN OAXACA, MEXICO

NUEVOS REGISTROS DE DOS ESPECIES DE ANUROS CON NOTAS ECOLÓGICAS EN OAXACA, MÉXICO

Medardo Arreortúa¹, Angel I. Contreras-Calvario^{1,3} César Camilo Julián-Caballero², Diana Cruz-Luna², Edna González-Bernal⁴ & Tereso López-García^{1*}

¹Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. Laboratorio de Ecología de Anfibios (ECA). Calle Hornos No. 1003, Col. Noche Buena, Santa Cruz Xoxocotlán, Código Postal 71230, Oaxaca, México.

²Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. Calle Hornos No. 1003, Col. Noche Buena, Santa Cruz Xoxocotlán, Código Postal 71230, Oaxaca, México.

³Herpetario de Veracruz. PIMVS. Veracruz, México.

⁴CONAHCYT- Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. Laboratorio de Ecología de Anfibios (ECA). Hornos 1003, Col. Noche Buena, 71230, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México.

*Correspondence: teresolg7@gmail.com

Received: 2023-03-09. **Accepted:** 2024-04-12. **Published:** 2024-05-14.

Editor: Irene Goyenechea Mayer-Goyenechea, México.

Amphibian habitats are increasingly fragmented and degraded due to human activities, including the creation of roads, vehicular traffic, pollution from living spaces, and the use of water resources (Tan et al., 2023). In this sense, to identify the threats to amphibian populations, it is necessary to incorporate additional information, such as the different types of habitats used, and increase information on their geographic distribution areas (Lucas et al., 2019; Laufer et al., 2021). Despite its wide diversity of amphibian species, the Mexican state of Oaxaca still presents gaps in terms of its distribution in certain regions, such as the northern part of the state (Ramírez-Bautista et al., 2023). In addition, similar to other vertebrates, there may be a potential bias in existing inventories because of monitoring focused on areas that are easily accessible by roads, which can lead to overlooking the use of different types of habitats even for species with a wide distribution (Steen & Smith, 2006; Barends et al., 2020).

The genus *Rheohyla* is a monotypic genus (Duellman et al., 2016), including only the Small eared-frog *R. miotypanum* (Cope, 1863). This semi-terrestrial frog is of medium size and exhibits arboreal habits (Duellman, 2001). It is a stream-breeding species and is identified by its pale green dorsum with darker reticulations or mottling against a green or tan background (Duellman, 2001). The mating calls consist of a series of short, rather low-pitched notes (Duellman, 2001). Its diet is composed primarily of arthropods (Luría-Manzano & Ramírez-Bautista,

2019) and is preyed upon by spiders and snakes (Díaz-García et al., 2022; Luría-Manzano et al., 2020). The species is endemic to Mexico and inhabits montane cloud forests, with a range that extends from 1,000 to 2,800 m elevation (Duellman et al., 2016). In Oaxaca, *R. miotypanum* has been recorded in three of the 12 physiographic regions: Sierra Madre de Oaxaca, Montañas y Valles de Occidente y Valles Centrales de Oaxaca (Ortiz-Pérez et al., 2004; GBIF, 2024a).

The Pine toad *Incilius occidentalis* (Camerano, 1879) is a medium-sized terrestrial species endemic to Mexico. It typically measures between 52 and 91 cm in length and has brown skin with light stripes and dark spots on its dorsum (Santos-Barrera, 2014). The skin is covered by pointed keratinized tubercles, and larger individuals may exhibit pronounced cranial, supraocular, and postocular crests (Santos-Barrera, 2014). The distribution range of this species extends from the state of Durango to the Istmo de Tehuantepec on the Pacific coast. It can also be found from San Luis Potosí to central Veracruz and eastern Oaxaca, typically in pine-oak forest habitats within arid zones, at elevations ranging from 150 to 2,600 m a.s.l. (Santos-Barrera, 2014). Within Oaxaca, *I. occidentalis* is distributed in eight out of the 12 physiographic subprovinces, except for Depresión del Balsas, Planicie Costera de Oaxaca y Chiapas, Depresión del Istmo de Tehuantepec, and Planicie Costera del Golfo (Ortiz-Pérez et al., 2004; GBIF, 2024b).

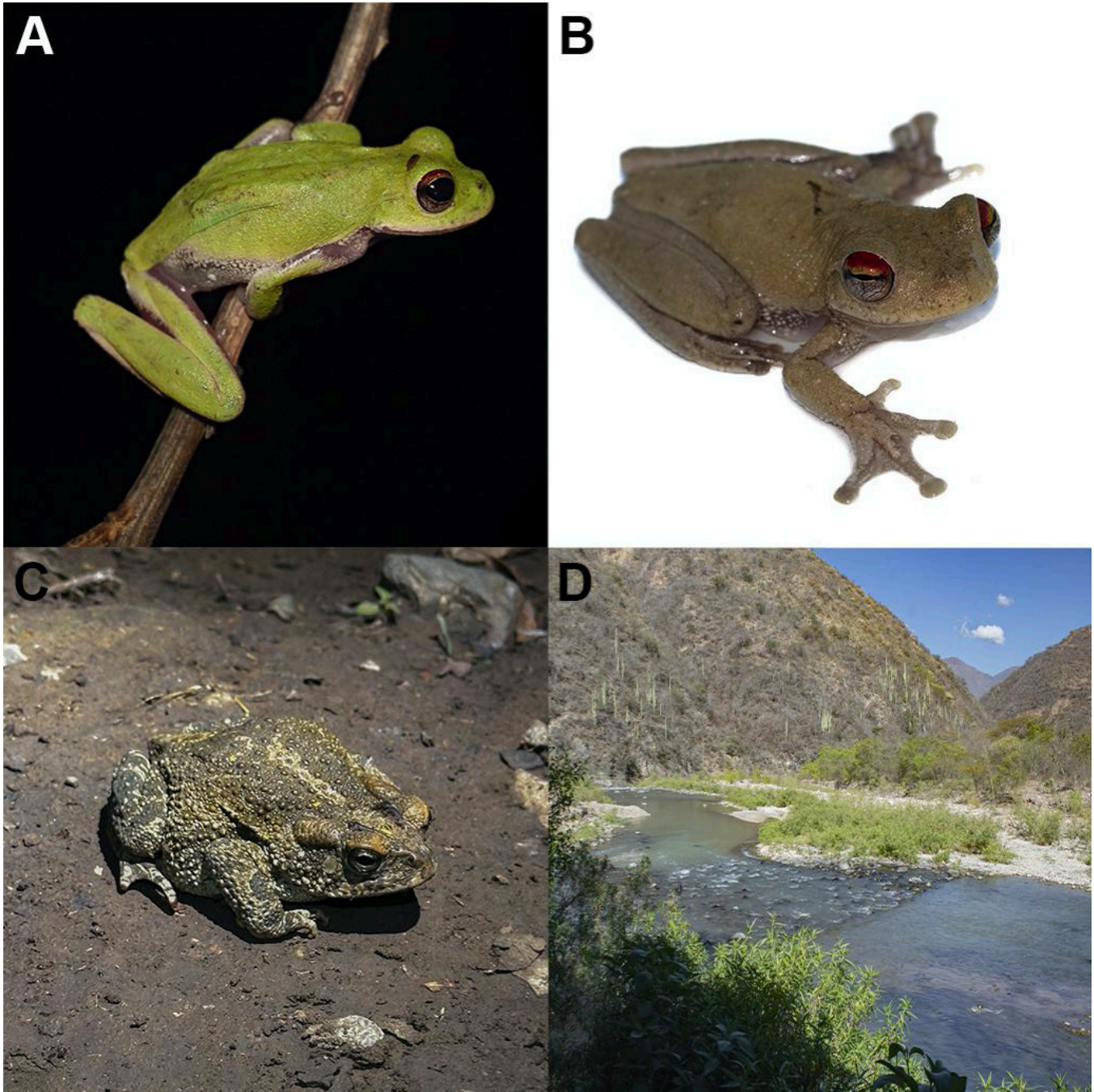


Figura 1. Nuevos registros de *Rheohyla miotympanum* e *Incilius occidentalis* en el municipio de San Miguel del Río, Oaxaca. *Rheohyla miotympanum* resaltando la variación de color; A) Hembra (CNAR-RF 977); B) Macho CNAR-RF 976; C) *Incilius occidentalis* (CNAR-RF 978) y D) Hábitat natural de ambas especies.

Figure 1. New records of *Rheohyla miotympanum* and *Incilius occidentalis* in the municipality of San Miguel del Río, Oaxaca. *Rheohyla miotympanum* highlighting the color variation; A) Female (CNAR-RF 977); B) Male CNAR-RF 976; C) *Incilius occidentalis* (CNAR-RF 978) and D) Natural habitat of both species.

Despite their wide distribution, both species are facing a continuous decline in area, extent and/or quality of habitat according to the International Union for Conservation of Nature

(IUCN) Red List of Threatened Species classifies both species as Least Concern (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2020,

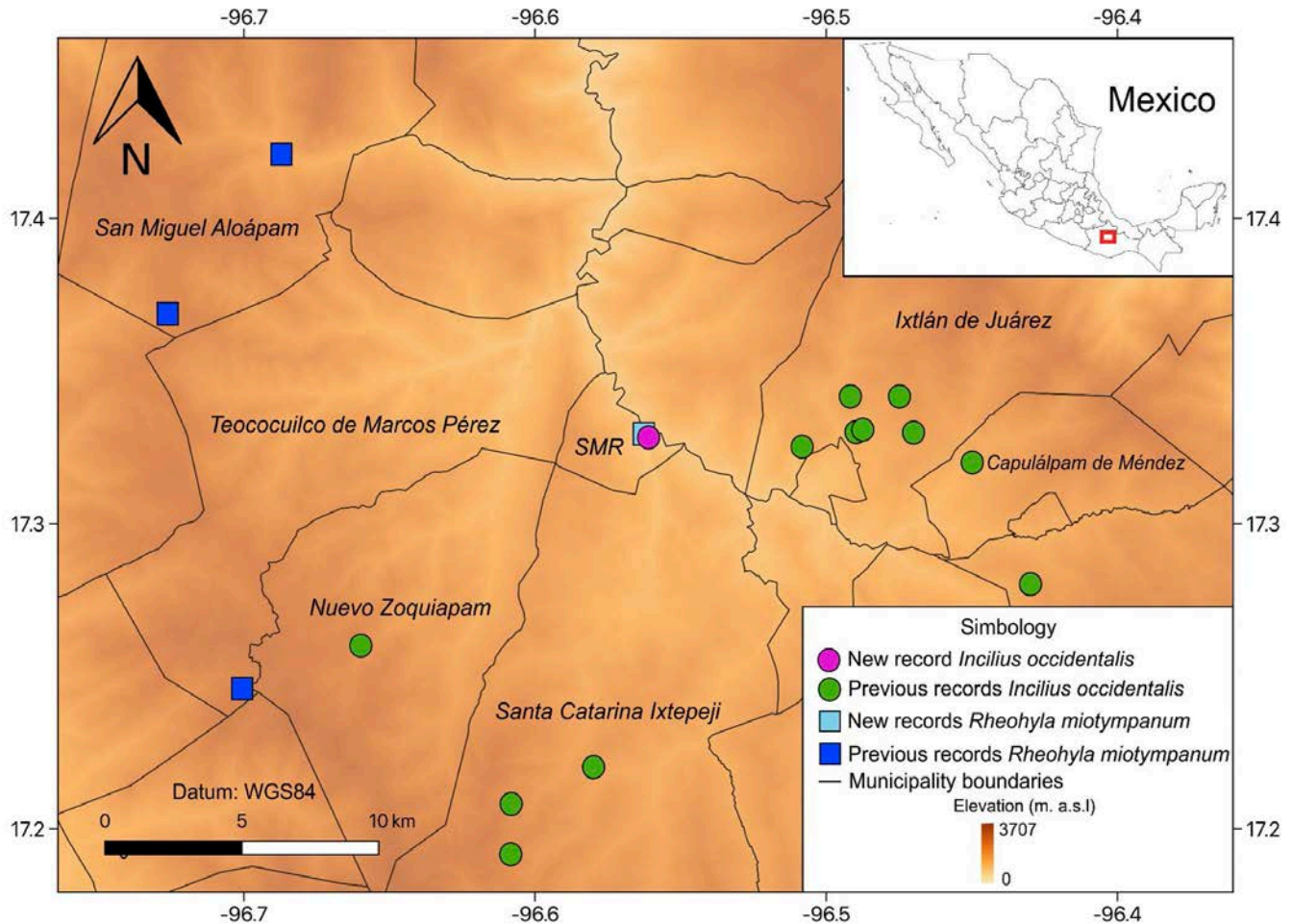


Figura 2. Nuevos registros y registros previos de *Incilius occidentalis* (GBIF, 2024b) y *Rheohyla miotympanum* (GBIF, 2024a) en el estado de Oaxaca, México. SMR=San Miguel del Río.

Figure 2. New records and previous records of *Incilius occidentalis* (GBIF, 2024b) and *Rheohyla miotympanum* (GBIF, 2024a) from the state of Oaxaca, Mexico. SMR=San Miguel del Río.

a, b), and they are not covered by Official Mexican legislation NOM-ECOL-059-SEMARNAT-2020 (SEMARNAT, 2019).

It's necessary to highlight that species classified as Data Deficient and Least Concern are often considered low priority and become excluded from both conservation and management plans (Mace et al., 2008; Bland et al., 2017). The lack of information on these may not accurately reflect its vulnerability, it is advisable to gather more information on this type of species.

Here, we present the first record of *R. miotympanum* and *I. occidentalis* in the Municipality of San Miguel del Río, Oaxaca along with a brief description of their habitat. We provide morphological measurements and one call for *R. miotympanum*.

The habitat where the species were recorded consists mainly of xerophilic vegetation, low deciduous forest, shrubs with a predominance of bushes, and cacti (INEGI, 2019). It is situated in a matrix of non-irrigated agriculture, an on-site Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) hatchery, and greenhouses. The river, known as Río Grande, is situated in the Quiotepec River sub-basin (RH28Af), which forms part of the Papaloapan River Basin (RH28). It measures 22 to 32 meters wide in the vicinity of the study site. Annual temperature range of 16–22°C, average precipitation of 700–1,000 mm. Semi-warm subhumid climate with rains in summer (96.63% of annual rainfall) and temperate sub-humid with rains in summer (3.37%) (INEGI, 2010).

México: Oaxaca: Municipality of San Miguel del Río: locality of Road to San Miguel del Río. Small eared-frog *R. miotympanum*

Tabla 1. Mediciones morfológicas y temperatura de *Rheohyla miotympanum* en el Municipio de San Miguel del Río, Oaxaca. SVL = Longitud Hocico Cloaca (mm), B = Biomasa (g), BT = Temperatura corporal (°C) y ST = Temperatura del sustrato (°C).

Table 1. Morphological measurements and temperature of *Rheohyla miotympanum* in the Municipality of San Miguel del Río, Oaxaca. SVL = Snout Vent Length (mm), B = Biomass (g), BT = Body temperature (°C), and ST = Substrate temperature (°C).

| ID | SEX | SVL | B | BT | ST |
|----|--------|-----|-----|------|------|
| 1 | Male | 303 | 2.8 | - | - |
| 2 | Male | 329 | 3 | 16 | 16.2 |
| 3 | Female | 357 | 3.2 | 16.4 | 16 |
| 4 | Male | 322 | 3.6 | 16.4 | 15.9 |

(Cope, 1863). We found four individuals along a section of the river, whose measurements are listed in Table 1. Additionally, we heard three males vocalizing near the site on January 26, 2024. One of these calls was recorded with a smartphone and then deposited (MZFC-HEC4468) in the Fonoteca de Anfibios, Facultad de Ciencias, UNAM. We also recorded variation in color between the sexes of the species (Fig. 2 A, B). First municipality record in San Miguel del Río (17.329457° N, 96.562693° W; WGS 84; 1,400 m a.s.l.). The nearest vouchered record is 16.6 km to the northwest of Municipality of San Miguel Aloápam (University of Michigan Museum of Zoology [UMMZ] 239816; GBIF, 2024a).

México: Oaxaca: Municipality of San Miguel del Río: locality of Road to San Miguel del Río. Pine toad *I. occidentalis* (Camerano, 1879). We found an adult individual (CNAR-RF 978) (Fig. 2 C) in xerophytic vegetation near agricultural areas and greenhouses on January 26 of 2024. First municipality record in San Miguel del Río (17.328736° N, 96.561685° W; WGS 84; 1,460 m a.s.l.). The nearest vouchered record is 9.2 km to the northeast in the municipality of Ixtlán de Juárez (University of Michigan Museum of Zoology [UMMZ] 99861; GBIF, 2024b).

Photographic vouchers of the specimens were deposited in the Colección Nacional de Anfibios y Reptiles (CNAR), Instituto de Biología. The identification of the specimens was verified by Víctor H. Jiménez-Arcos. Although both species have a wide distribution (Santos-Barrera, 2014; Duellman et al., 2016), there are still gaps in certain geographic regions and in our knowledge of their ecology. We noticed that the primary threats at this site may be the construction of new roads and the extraction of stone material, both potentially affecting the Pine Toad and the Small eared-frog. With respect to the Small eared-frog we observed

color variations between the sexes, as well as recorded a call and morphometric measurements that are consistent with those described by Duellman (2001).

Future research should prioritize determining the water quality at this site, as it directly impacts the stream-breeding species, and also prevent the risk of escape of fingerlings of tilapia into the river, which prey on wild amphibian populations (Zambrano et al., 2010). For instance, even though *R. miotympanum* and *I. occidentalis* are endemic to Mexico, neither is protected by Mexican laws NOM-059 (SEMARNAT, 2019). Both species are considered as Least Concern by the IUCN (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2020). However, the only reference is made to the loss of habitat due to human actions and pollution as their main threats. It is essential to increase knowledge about distribution ranges in order to identify their primary threats. Given the lack of information on amphibians in this Municipality, there is an urgent need to generate a list of species.

Acknowledgements.- We appreciate Víctor H. Jiménez-Arcos for confirming the species identification, and we are grateful to Luna Zapoteca restaurant and Jesús Luna Hernández for allowing us access to their property for this research.

CITED LITERATURE

- Barends, J. M., D.W. Pietersen, G. Zambatis, D. R. Tye & B. Maritz. 2020. Sampling bias in reptile occurrence data for the Kruger National Park. *Coedoe: African Protected Area Conservation and Science* 62:1-9.
- Bland, L.M., J. Bielby, S. Kearney, C.D.L.Orme, J.E.Watson & B. Collen. 2017. Toward reassessing data-deficient species. *Conservation Biology* 31:531-539.
- Díaz-García, J. M., A. Kelly-Hernández & V. Vásquez-Cruz. 2022. Depredación de *Rheohyla miotympanum* (Anura: Hylidae) por *Pliocercus elapoides* (Squamata: Colubridae) en el centro de Veracruz. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 5:1-4.
- Duellman, W.E. 2001. *The Hylid Frogs of Middle America*. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Revised edition. Ithaca, New York.
- Duellman, W.E., A.B. Marion & S.B. Hedges. 2016. Phylogenetics, classification, and biogeography of the treefrogs (Amphibia: Anura: Arboranae). *Zootaxa* 297:1-29.



- GBIF.org. 2024a. GBIF Occurrence Download. *Rheohyla miotypanum* [Accessed on 02 February 2024]. <https://doi.org/10.15468/dl.aurvkw>
- GBIF.org. 2024b. GBIF Occurrence Download. *Incilius occidentalis* [Accessed on 01 February 2024]. <https://doi.org/10.15468/dl.prwvvnz>
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2010. Compendio de información geográfica municipal. San Miguel del Río, Oaxaca.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2019. Uso de suelo y vegetación. Escala 1: 1000000. CONABIO. Ciudad de México. Retrieved on February 23, 2024 from <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/>
- IUCN [International Union for Conservation of Nature] SSC Amphibian Specialist Group. 2020b. *Incilius occidentalis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T50930813A50930675. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T50930813A50930675.en>. [Accessed on 01 February 2024].
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2020a. *Rheohyla miotypanum*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T55566A3030964. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T55566A3030964.en>. [Accessed on 01 February 2024].
- Laufer, G., N. Gobel, N. Kacevas, N. Lado, S. Cortizas, M. Carabio & F. Kolenc. 2021. Updating the distributions of four Uruguayan hylids (Anura: Hylidae): recent expansions or lack of sampling efforts. *Amphibian and Reptile Conservation* 15:228-237.
- Lucas, P. M., M. González-Suárez & E. Revilla. 2019. Range area matters, and so does spatial configuration: predicting conservation status in vertebrates. *Ecography* 42:1103-1114.
- Luría-Manzano, R. & A. Ramírez-Bautista. 2019. Dietary composition and selection in the stream-breeding anuran assemblage from a tropical wet forest in eastern Mexico. *Acta Oecologica* 98:36-44.
- Luría-Manzano, R., L. Ortíz-Lozada, J. Pelayo-Martínez, J.L. Aguilar-López, S. Gómez-Toxqui & A. Ramírez-Bautista. 2020. Predation of anurans by spiders: four cases in Mexican tropical forests. *Phyllomedusa* 19:279-282.
- Ortiz-Pérez, M. A., J.R. Hernández-Santana & J.M. Figueroa-Mah-Eng. 2004. Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico. Pp. 43-544. In: A.J. García-Mendoza, Ordoñez M. J. & M.J. Briones-Salas (Eds.) Biodiversidad de Oaxaca. Universidad Autónoma de México, Fondo oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza y WWF, México.
- Ramírez-Bautista, A., L.A. Torres-Hernández, R. Cruz-Elizalde, C. Berriozabal-Islas, U. Hernández-Salinas, L. D. Wilson, J.D. Johnson, L.W. Porras, C.J. Balderas-Valdivia, A.J.X. González-Hernández & V. Mata-Silva. 2023. An updated list of the Mexican herpetofauna: with a summary of historical and contemporary studies. *ZooKeys* 1166: 287-306.
- Santos-Barrera, G. 2014. Geographic variation in *Incilius occidentalis* (Anura: Bufonidae), an endemic toad from Mexico, with a redescription of the species and delimitation of the type locality. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:414-428.
- SEMARNAT [Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales]. 2019. NOM-059-SEMARNAT-2010: Modificación del anexo normativo III, Lista de especies en riesgo de la norma oficial mexicana, "Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo", Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de diciembre de 2010. www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019 [Accessed on 01 February 2024].
- Steen, D.A. & L.L. Smith. 2006. Road surveys for turtles: Consideration of possible sampling biases. *Herpetological Conservation and Biology* 1:9-15.
- Tan, W.C., A. Herrel & D. Rödder. 2023. A global analysis of habitat fragmentation research in reptiles and amphibians: what have we done so far? *Biodiversity and Conservation* 32:439-468.
- Zambrano, L., E. Valiente & M.J. Zanden. 2010. Food web overlap among native axolotl (*Ambystoma mexicanum*) and two exotic fishes: carp (*Cyprinus carpio*) and tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Xochimilco, Mexico City. *Biological Invasions* 12:3061-3069.



EVALUACIÓN Y RECONOCIMIENTO DEL DOLOR EN REPTILES: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

RECOGNITION AND ASSESSMENT OF PAIN IN REPTILES: A SYSTEMATIC REVIEW

Oliver Baca-Montero¹ & Daniel Alejandro Gómez Pizano^{2*}

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

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

*Correspondence: daniel.gomezpizano@fmvz.unam.mx

Received: 2023-08-01. Accepted: : 2024-04-16. Published: 2024-05-22.

Editor: Antonieta Labra Lillo, Chile.

Abstract.— Reptiles show morpho-physiological differences compared with other taxa (e.g., mammals), such as their pain manifestation that are not obvious to people. Presently, a great part of animal care practitioners lack enough knowledge to evaluate pain behaviors in reptiles, partially because there is not enough research on the subject. The aim of this review is to perform a systematic research about pain identification and assessment through postural and behavioral changes in reptiles. A bibliographic search was made using commands constituted by words related to pain and reptile species connected by boolean operators. The search resulted in 751 articles, although only 43 of them were used based on the eligibility criteria. Information obtained was grouped into three categories. The first were articles on specific nociceptive response trials, in this group two different pain methodologies were observed in all the reptiles groups: Withdrawal time to irritable stimulus (thermal or mechanic) and response to parenteral irritating chemical. The second category included studies in which postural or behavioral changes associated with pain were mentioned. The third category were review articles. Considering the information published nowadays, we consider that it would be insufficient to evaluate pain in reptiles using one single method. Since most sources mention comparison with normal behaviors, elaborate ethograms of individuals or species (in captivity) during a pain-free period could be useful to identify periods of discomfort. However, more studies are needed to ensure correlation between pain and behaviors.

Keywords.— Algesia, analgesia, behavior, chelonians, crocodylians, Squamata.

Resumen.— Los reptiles presentan grandes diferencias morfo-fisiológicas con otras taxa (e.g., mamíferos), entre ellas, las relacionadas con manifestaciones del dolor, las cuales resultan poco evidentes para las personas. Actualmente, una gran parte de los profesionales del cuidado animal carece de conocimientos para evaluar comportamientos que indiquen dolor en reptiles, esto en parte debido a que hasta ahora no existe suficiente investigación. El objetivo de esta revisión es realizar una búsqueda sistematizada sobre los métodos de identificación y evaluación del dolor mediante cambios en la postura o comportamiento en diferentes reptiles. Se realizó una búsqueda bibliográfica usando comandos formados por palabras relacionadas al dolor, unidas por conectores booleanos. Se obtuvo un total de 751 artículos en la búsqueda, de los cuales solo 43 fueron utilizados para el presente análisis, ya que cumplieron con los criterios de elegibilidad establecidos. La información obtenida se agrupó en 3 categorías, la primera fueron artículos en ensayos de respuesta nociceptiva específica, registrándose dos metodologías de estudio del dolor en todos los grupos de reptiles: Retirada ante estímulo irritante (térmico o mecánico) y respuesta emitida ante la inyección de un químico irritante. La segunda categoría fueron estudios donde se mencionan cambios posturales o del comportamiento asociados a dolor y se compara entre algunas especies. La tercera fueron artículos de revisión. Con la información descrita hoy en día, se puede considerar que identificar el dolor en reptiles utilizando un solo método de evaluación es insuficiente. Puesto que la mayoría de las fuentes mencionan la



comparación con los comportamientos normales de la especie, la utilización de etogramas individuales o por especie (en cautiverio) durante un periodo control, sin dolor, podría ser útil para identificar periodos de malestar. Sin embargo, hacen falta estudios para poder asegurar una correlación dolor-comportamiento.

Palabras clave.— Algesia, analgesia, cocodrilianos, comportamiento, quelonios, squamata.

INTRODUCCIÓN

Los reptiles se han vuelto cada vez más populares como mascotas, y las personas generan hacia estos animales, al igual que como lo hacen con los mamíferos de compañía, vínculos y empatía, así como otros sentimientos no reportados comúnmente con mamíferos de compañía, como la admiración y fascinación, aunque son más diversos y matizados por la naturaleza misteriosa y los comportamientos inusuales de los reptiles (Azevedo et al., 2022). Esta creciente popularidad ha generado que los profesionales del cuidado animal tengan cada vez una mayor implicación en el manejo de estas especies y hace más evidente la necesidad de generar información que permita procurar la calidad de su bienestar (Burghardt, 2017).

Los reptiles, comparados con las otras clases de vertebrados, en particular con los mamíferos, poseen diferencias anatómo-fisiológicas significativas, por lo que es importante considerar esto para el tema a tratar, puesto que los mamíferos representan las especies más comunes bajo cuidado humano, y por ende, es en ellos sobre los que existe mayor cantidad de investigación e información descrita respecto al comportamiento y el dolor (Reida et al., 2019; Turner et al., 2019; Oliver & Pang, 2023; Miller & Leach, 2023), y con las cuales, tanto los profesionales del cuidado animal como los no-profesionales podrían generar como modelo para establecer lo que es normal en comportamiento de los animales. Considerando esto, a lo largo de este texto se utilizará como punto de comparación a los mamíferos. Sin embargo, el tratar de equiparar el comportamiento y funcionamiento de estos animales a los reptiles, es un error común por lo que nos enfocaremos en entender que sus diferencias nos ayudará a tener una visión más objetiva del bienestar de los reptiles (Stoskopf, 1994).

O'Malley (2005) y Reid (2018) describen diferencias anatómo-fisiológicas entre mamíferos y reptiles, algunas muy conocidas, como la ausencia de diafragma y presencia de cavidad celómica. Sin embargo, existen otras menos consideradas como la dermis altamente queratinizada, un metabolismo ectotérmico, pocos músculos faciales y una anatomía laríngea distinta. Estas diferencias tienen implicaciones en la manera en que entendemos y manejamos a los reptiles e incluso, pueden

dificultar la percepción del malestar en estos animales (Fig. 1). Por ejemplo, por el metabolismo ectotérmico de un reptil que se encuentre debajo de su temperatura óptima preferida podría tener dificultad para moverse en respuesta a un estímulo nocivo.

Además, la menor cantidad de músculos faciales conlleva a que carezcan de expresiones faciales visuales asociadas al dolor, y por último, una menor cantidad o ausencia de cuerdas vocales conlleva a una menor variedad de expresiones vocales (Liem et al., 2001; Reid, 2018; Russell & Bauer, 2021), como las que acompañan a la emoción y la angustia apreciadas en otros vertebrados con dolor como mamíferos y aves (Cooper & Vierck, 1986; Cordeiro et al., 2018; Russell & Bauer, 2021; Mikoni et al., 2022). Esto no significa que carezcan de emociones o que no sufran, pues cuentan con los mecanismos para el procesamiento del dolor (Burghardt, 2017), como se describe más adelante.

El dolor implica una experiencia sensorial o emocional desagradable (IASP, 2020) y es especialmente difícil de cuantificar en seres con los cuales no compartimos el lenguaje para describir el evento emocional, por ejemplo, humanos no verbales (e.g., bebés) y todos los animales. Sin embargo, la incapacidad de detectar el dolor percibido por un animal no significa que sea incapaz de sentir dolor (Mosley, 2011), pues los reptiles poseen las estructuras anatómicas necesarias involucradas en los procesos fisiológicos que generan el dolor (i.e., transducción, transmisión, modulación, proyección y percepción) por lo que sería importante considerar, más bien, una incapacidad nuestra para entenderlos (Perry & Nevarez, 2018).

A pesar de la evidencia mencionada sobre la sintiencia de dolor en reptiles y de las múltiples revisiones sobre la temática (Lambert et al., 2019; Mosley, 2011; Perpiñán, 2018; Reid, 2018; Serinelli et al., 2022), actualmente a nivel mundial, sigue siendo un tema controversial tanto la evaluación como el tratamiento del dolor en reptiles (Ayers, 2016; Gris et al., 2022).

Para profesionales como el veterinario, es un deber ético el tratar el dolor en sus pacientes (Sladky & Mans, 2012). Sin embargo, los grandes obstáculos ya mencionados, así como la

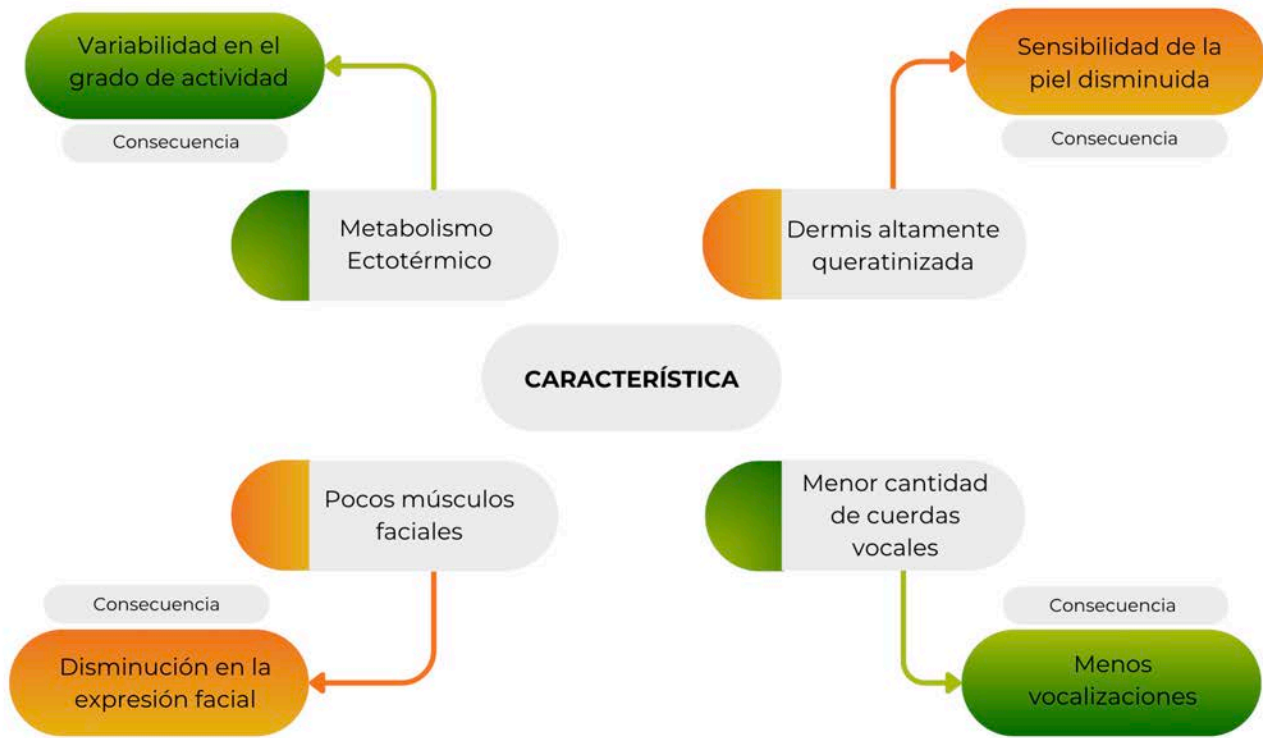


Figure 1. Anatomico-physiological characteristics and their implications in the perception and expression of pain in reptiles (Adapted from O'Malley, 2005; Reid, 2018).
Figura 1. Características anatómo-fisiológicas y sus implicaciones en la percepción y expresión del dolor en reptiles (Adaptada de O'Malley, 2005; Reid, 2018).

ausencia de consensos en métodos para la identificación del dolor hacen difícil la toma de decisiones clínicas respecto a éste. De ahí la importancia de documentar la información descrita hasta ahora sobre el dolor en reptiles, pues establecer un punto de partida es vital para poder definir las áreas de oportunidad en la evaluación y manejo el dolor.

La evaluación visual del dolor no ha sido estandarizada en reptiles, en parte debido a la ausencia de información al respecto, así como también a la falta de una revisión profunda que permita identificar la información con la que se cuenta. Por lo tanto, el objetivo de esta revisión es realizar una búsqueda sistematizada sobre los métodos reportado en la literatura para identificación y evaluación del dolor mediante cambios posturales y/o comportamentales en los diferentes taxa de reptiles, a fin de proponer estrategias para la identificación del dolor que puedan ser utilizadas de manera práctica por los responsables del cuidado de reptiles.

MATERIALES Y MÉTODOS

Búsqueda bibliográfica

Se realizó una búsqueda sistematizada de literatura concerniente al dolor en reptiles, mediante tres motores de búsqueda: PudMed, Scopus y ScienceDirect, los cuales se seleccionaron por contar con una amplia variedad de revistas de alta calidad dentro de la rama de la medicina veterinaria y la biología. La revisión se desarrolló de octubre a diciembre del 2022. Los comandos de búsqueda utilizados se describen en la Tabla 1.

Criterios de elegibilidad

Los artículos fueron elegidos con base a los criterios de inclusión y exclusión descritos en la Tabla 2. Se aceptaron artículos de investigación, revisión y reportes de caso. Los artículos se seleccionaron mediante 3 etapas. La primera fue la identificación, en la que mediante la lectura del título y los resúmenes se determino si estos cumplían con los criterios de inclusión. En la segunda etapa, se eliminaron los artículos que

se encontraban duplicados o no eran accesibles y en la tercera etapa se realizó una lectura del texto completo y los artículos que cumplían con los criterios de exclusión fueron eliminados.

Selección y extracción de datos

Se realizaron dos bitácoras de búsqueda en la hoja de cálculo Microsoft Excel, en la primera se describió las búsquedas en general y la segunda, se describió cada estudio de manera individual. Para una búsqueda más precisa, además de la lectura del texto, se utilizó el buscador de palabras mediante el cual se buscaban palabras clave como “pain”, “behaviour”, “analgesia”, para asegurar que se revisaron las partes claves del texto. Los datos fueron agrupados por tipo de información aportada en las bitácoras. Los datos de cada texto seleccionado fueron importados al gestor de referencias “Mendeley”, para su correcto manejo.

RESULTADOS

La Figura 2 muestra el diagrama de flujo que describe el proceso de selección de artículos relacionados con la evaluación y reconocimiento del dolor en reptiles, obteniéndose inicialmente un total de 751 artículos. Posterior a la lectura de títulos fueron descartados 600 artículos por no tener relación con el objeto

de estudio. De los restantes, 44 estaban duplicados y seis no disponible, por lo que sólo 101 artículos fueron revisados mediante la lectura del resumen y la búsqueda de palabras clave, para finalmente seleccionar 43 artículos que cumplían con los criterios de elegibilidad, los cuales se subdividieron en tres grupos para su análisis.

El primer grupo consideró los estudios con registros donde se evalúan respuestas nociceptivas específicas en modelos de antinocicepción (n = 28), el segundo incluyó investigaciones y reportes de caso donde se mencionan comportamientos asociados al dolor (n = 8) y el tercero fueron revisiones bibliográficas (n = 7). El resto de los artículos evaluados (n = 58) no fueron aceptados por los criterios de elegibilidad y de estos, en dos registros, se realizó el manejo del dolor, pero no se evaluó.

Del primer grupo de artículos elegibles “respuestas nociceptivas específicas” se identificaron tres tipos de estímulos utilizados en modelos de antinocicepción (Tabla 3), estímulos térmicos (n = 10; 35.7%), mecánicos (n = 13; 46.4%) y químicos (n = 5; 17.8%). Los estímulos térmicos utilizados en los estudios fueron plato caliente (n = 8) y calefactor atado a una extremidad (n = 2), realizándose evaluaciones en tres órdenes de reptiles:

Table 1. Searches and keywords used for the bibliographic review on pain recognition and assessing in reptiles. The platforms where the searches were done, as well as the dates, are indicated. In addition, the number of studies found in each platform is indicated.

Tabla 1. Búsquedas y palabras clave utilizadas en la revisión bibliográfica sobre evaluación y medición del dolor en reptiles. Se indican las plataformas donde se realizaron las búsquedas, las fechas de las mismas. Además, se indica el número de estudios encontrados en cada plataforma.

| Búsqueda | No. de resultados | Palabras clave utilizadas |
|--------------------------|-------------------|--|
| 1. Scopus, 9-nov-22 | 14 | Palabras para inclusión (utilizando “AND” “OR” entre cada palabra y cada término se colocó entre comillas) |
| 2. Scopus 12-nov-22 | 351 | reptile - snake - crocodile - tortoise - lizzard - terrapin - turtle - sauria - iguana - chameleon - gecko - bearded - dragon -alligator - gavial - testudinidae-pain - pain - behavior - pain - behaviour - pain expression -stress behavior-conservation -withdrawal- conditioned place preference - conditioned place avoidance- motivational behavior -self-isolation -decreased exploration - self-mutilation- ocular expression - body positioning - body posture - weight-shifting - Self isolation - anorexy - immobility - aggression- unusual posture - eyelids closed - unusual gait -gaping of mouth - hiding in shell -algesia - pain scale - pain test - measure - analgesia -measurement- ethogram- reflex model - numeric rating scale- pain index- pain indices-visual analogue scale - VAS - behavior scale- behavior rating scale - behaviour rating scale- behaviour scales- behaviour scale |
| 3. PubMed 23-nov-22 | 190 | Palabras para exclusión (AND NOT) (envenomations - bite - venom) |
| 4. PubMed 1-dic-22 | 169 | Palabras para inclusión (utilizando “AND” “OR” entre cada palabra) reptile - pain - soreness - pain associated - pain behaviour - analgesia |
| 5. Scienedirect 1-dic-22 | 27 | Palabras para exclusión (AND NOT) venom - envenomation |



Testudines, Crocodylia y Squamata. Los comportamientos reportados como asociados al dolor fueron principalmente los movimientos de las extremidades (retraer la pata o cola y agitar/sacudir de las patas), retiro del sitio caliente, despertar y saltar. Los estímulos mecánicos utilizados fueron pellizcos ($n = 11$) y pinchazos ($n = 4$) donde algunos estudios ($n = 2$) realizaron tanto pellizco como pinchazo por lo cual se consideraron 2 veces esta cuenta. Esta metodología fue usada en tres órdenes de reptiles (Testudines, Crocodylia y Squamata), y los comportamientos reportados en respuesta al estímulo doloroso fueron agitar o retraer la pata o cola, patear y saltar. Por último, como estímulo químico se aplicaron inyecciones subcutáneas de capsaicina

Table 2. Selection criteria for eligible articles for systematic review.

Tabla 2. Criterios de selección de artículos aplicables para la revisión sistemática.

| Criterios de inclusión | Criterios de exclusión |
|--|---|
| Literatura que: Describa signos de dolor en reptiles Describa comportamientos normales y anormales en reptiles que orienten a identificar el dolor | Literatura que: Describa a especies diferentes de reptiles No haga mención sobre el dolor |

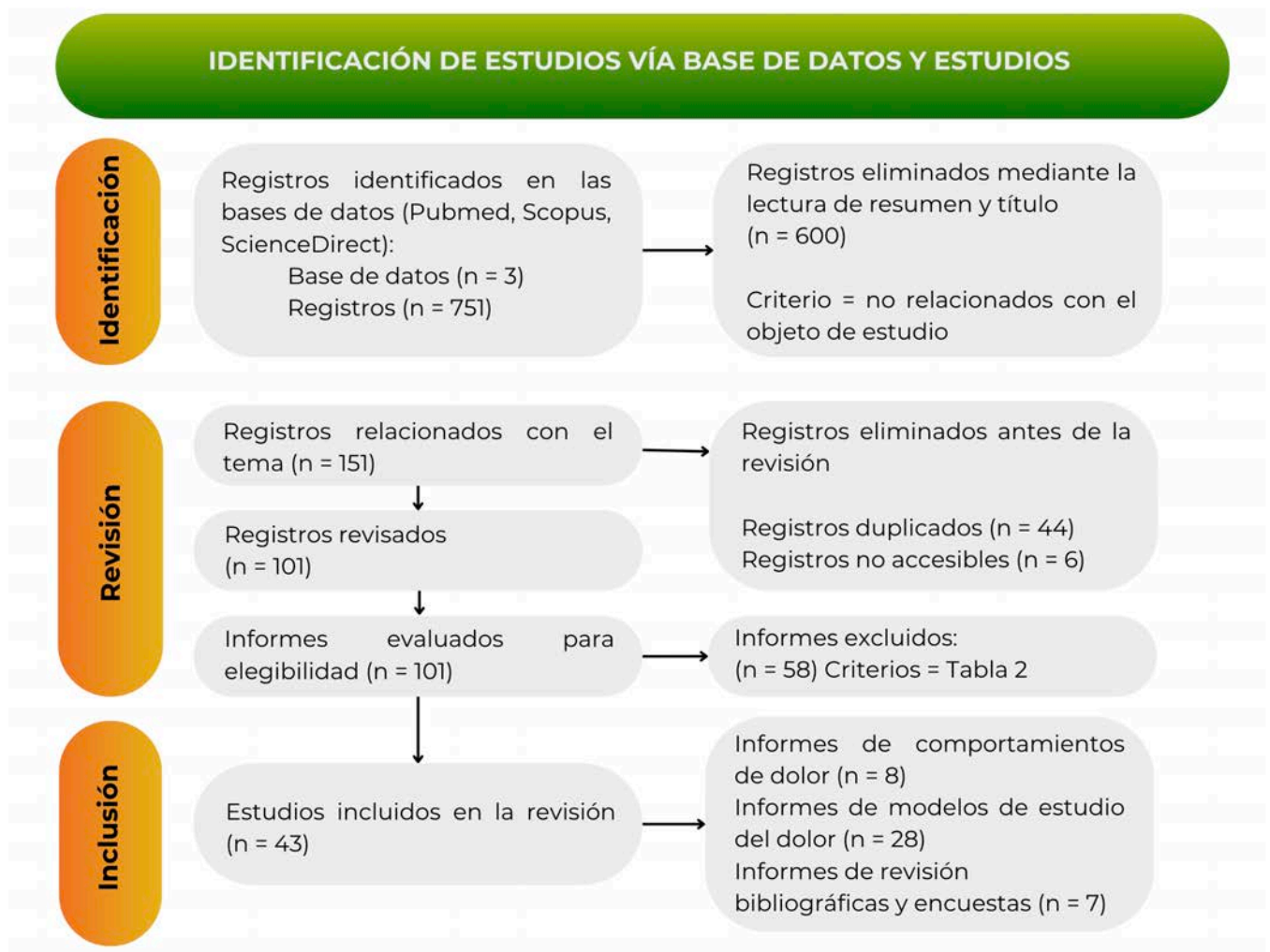


Figure 2. Systematic flowchart of the present systematic review.

Figura 2. Diagrama de flujo de la presente revisión sistemática.



Table 3. Specific nociceptive responses in study models of pain for different reptile species.

Tabla 3. Respuestas nociceptivas específicas en modelos de estudio del dolor determinadas en distintas especies de reptiles.

| Especies | Estímulo doloroso | Signo de dolor/Comportamiento observado | Referencias |
|--|---|---|-------------|
| <i>Pogona vitticeps</i> , <i>Elaphe guttata</i> , <i>Trachemys scripta</i> , <i>Crocodylus niloticus</i> , <i>Iguana iguana</i> , <i>Salvator meriana</i> . | Térmico (plato caliente o calefactor adherible) n = 10 | Retracción de pata o cola, intentos de fuga, agitar/sacudir las extremidades o la cola en especies acuáticas?, patadas, despertar, retiro del sitio caliente, saltar. | 1-10 |
| <i>Podocnemis expansa</i> , <i>Eublepharis macularius</i> , <i>Pantherophis guttatus</i> , <i>Trachemys scripta</i> , <i>Pogona vitticeps</i> , <i>Alligator mississippiensis</i> | Estímulo mecánico (Pellizco o pinchazo) n = 13 | Retracción de la pata o cola, patear, sacudir la cola o saltar | 11-23 |
| <i>Kinixys spekii</i> , <i>Pelomedusa subrufa</i> | Químico irritante (Inyección de formalina o capsaicina) n = 5 | Retracción de la pata, intento de escape, micción, defecación, salivación | 24-28 |

Referencias: 1- Baker et al. (2011), 2- Bisetto et al. (2018), 3- Couture et al. (2017), 4- Fleming & Robertson (2012), 5- Giorgi et al. (2015), 6- Kanui & Hole (1992), 7- Makau et al. (2021), 8- Mans et al. (2012), 9- Sladky et al. (2007), 10- Sladky & Mans (2012), 11- Doss et al. (2017), 12- Ferreira et al. (2012), 13- Ferreira & Mans (2019), 14- Fink et al. (2018) 15- Fink et al. (2022), 16- Hansen et al. (2013), 17- Heaton-Jones et al. (2002), 18- Kischinsky et al. (2013), 19- Knotek (2014), 20- Quaggiato (2008), 21- Rockwell (2021), 22- Scarpa et al. (2009) 23- Ziolo & bertelsen (2009), 24- Makau et al. (2014), 25- Makau et al. (2017) 26- Makau et al. (2021), 27- Ting et al. (2022), 28- Wambugu et al. (2010).

(n = 1) y de formalina (n = 4), los que sólo fueron evaluados en Testudines y los comportamientos de dolor fueron retracción de la pata, intento de escape, micción, defecación, y salivación.

El segundo grupo de estudios analizados corresponde a los que reportan cambios físicos o comportamentales reportados en estudios clínicos (Tabla 4). Los artículos elegibles (n = 8) por orden taxonómico, se describen a continuación.

Crocodylia

Stegmann et al. (2017) colocaron quirúrgicamente en *Crocodylus niloticus* (cocodrilos del Nilo) sensores fisiológicos y de telemetría, y de manera preventiva administraron meglumina de flunixin para el dolor. Los autores mencionan que la detección de expresión de dolor fue mediante la comparación del comportamiento del periodo de adaptación con el registro postquirúrgico, así también, indican que no existieron diferencias significativas entre ambos periodos, aun cuando, no se mencionan los comportamientos específicos evaluados.

Squamata

Folland et al. (2011) realizaron el reporte del caso de una *Iguana iguana* (iguana verde) con linfoma la cual fue sometida a quimioterapia y radioterapia, y se usó meloxicam a una dosis de 0.2 mg/kg cuando el ejemplar mostraba signos de dolor. No describen cuáles eran estos signos de dolor, pero hacen referencia

a que la iguana presentaba un comportamiento “normal” y esto era traducido como ausencia de malestar. Por otra parte, James et al. (2017) evaluaron directamente el comportamiento alimentario como indicador de dolor, al comparar el tiempo que tardaron 18 *Python regius* (piton bola) en sujetar con la boca a la presa muerta, estando los individuos sometidos a diferentes tratamientos.

El primer grupo solo fue sometido a un procedimiento anestésico, al segundo grupo recibió la aplicación de un estímulo doloroso continuo (inyección de capsaicina) y el tercero fue sometido a un procedimiento quirúrgico (incisión quirúrgica). Se evaluó si los ejemplares comían de manera normal o tenían retraso o ausencia del comportamiento de alimentación, encontrándose que los individuos que solo se anestesiaron comieron sin ningún retraso dentro de las primeras 24 h del procedimiento. En contraste, los sometidos al procedimiento quirúrgico tardaron dos semanas en comer y a los que se les administró capsaicina tardaron una semana en comer, aun cuando mostraron signos de dolor producto de la inyección, los cuales duraron de 8-12 minutos. Estos signos incluyeron convulsiones caudocraneales, incremento de la actividad y el evitar apoyar en el suelo la zona con dolor.

Otro aporte importante fue realizado por Olesen et al. (2008), quienes también buscaron identificar cambios en el



Table 4. Physical or behavioral changes reported in different reptile species.**Tabla 4.** Cambios físicos o comportamentales en distintas especies de reptiles.

| Especies | Estímulo doloroso | Manifestación de dolor reportada | Tipo de artículo (Referencias) |
|-----------------------------|---|--|--|
| <i>Caretta caretta</i> | Osteomielitis, luxación coxofemoral y fractura de acromión derecho | Letárgico, debilitado, sin apetito, movimientos reducidos de aletas y mostró "signos de dolor a la manipulación" | Reporte de caso (Pace et al., 2018) |
| <i>Trachemys scripta</i> | Gonadectomía | Etoograma Comportamiento anormal e hiporexia | Investigación (Bardi et al., 2021) |
| <i>Iguana iguana</i> | Linfoma, quimioterapia y radioterapia | "Signos de dolor" El propietario reporta comportamiento normal | Reporte de caso (Folland et al., 2011) |
| <i>Python regius</i> | 1-Incisión quirúrgica 2-Inyección de capsaicina | 1-Retraso en la ingesta del alimento (2 semanas) 2- Convulsiones caudocraneales, incremento de la actividad, elevación de la zona afectada. Retraso en la ingesta del alimento (1 semana) | Investigación (James et al., 2017) |
| <i>Python regius</i> | Canulación quirúrgica de la arteria vertebral | Grado de actividad y tendencia a proteger la herida (movimiento) en contra de mantener su postura normal (enrolladas) | Investigación (Olesen et al., 2008) |
| <i>Terrapene carolina</i> | Herida traumática | Apetito y nivel de actividad disminuidos | Investigación (Cerreta et al., 2019) |
| <i>Python regius</i> | Biopsia de piel y músculo | "Signos de discomfort" | Investigación (Sadler et al., 2016) |
| <i>Crocodylus niloticus</i> | Procedimiento quirúrgico (implantación de sensores fisiológicos y aparatos de telemetría) | El comportamiento debe ser diferente al del periodo adaptativo | Investigación (Stegmann et al., 2017) |

comportamiento de serpientes *Python regius* (pitón bola), las cuales se sometían a canulación de la arteria vertebral. Ellos determinaron que las serpientes no presentaban cambios comportamentales en el grado de actividad o la posición mientras no existiera interacción con ellas por parte del cuidador, y se mantenían enrolladas bajo el plato de agua. Sin embargo, con la interacción al intentar tocar la zona de la lesión, éstas cambiaban de posición para proteger la lesión o huían.

Sadler et al. (2016) realizaron un estudio en la misma especie, *P. regius*, sobre la fisiopatología de la inflamación de la piel y músculos, y mencionan que el dolor producido debido a la realización de biopsias, puede generar signos de malestar. Sin embargo, no especifican que signos de malestar son los evaluados.

Testudines

Pace et al. (2018) realizaron un reporte de caso en *Caretta caretta* (tortuga boba) con osteomielitis, luxación coxofemoral y fractura del acromion. Los autores describen el estado del ejemplar como letárgico y debilitado y mencionan que éste presenta movilidad reducida de las aletas y "signos de dolor a la manipulación". Sin embargo, no asocian explícitamente la falta de movilidad al dolor y no especifican que signos de dolor presenta el ejemplar sometido a la manipulación. Cerreta et al. (2019) con apoyo del "Equipo de Rescate de Tortugas" de la Universidad de Carolina del Norte, pudieron registrar cómo tortugas terrestres que habían sufrido eventos traumáticos respondían a la utilización del ketorolaco como analgésico, observando una mejora en el apetito y nivel de actividad. Sin embargo, estas observaciones fueron secundarias

Table 5. Behaviors associated with pain in reptiles reported in reviews and surveys by specialists.

Tabla 5. Comportamientos asociados al dolor reportados para reptiles en revisiones bibliográficas y encuestas a expertos.

| Referencia | Comportamientos asociados al dolor | Tipo de estudio |
|------------------------|---|-----------------|
| Almeida et al., 2022 | Serpientes: Cambios en la postura normal, movimiento o actividad, temperamento, comportamiento de alimentación alterado | Revisión |
| Serinelli et al., 2022 | No se realiza una evaluación general. Sin embargo, se pueden considerar factores individuales de la especie y en condiciones de cautiverio: Comportamiento, ambiente, locomoción, respuesta exagerada de pelea, apetito, alteraciones del color, ojos, modelo respiratorio, fisiología, respuesta a la palpación. | Revisión |
| Perry & Nevarez, 2018 | Comportamientos normales disminuidos o ausentes, postura encorvada, disminución de la ingesta de alimentos, cojera, disminución de la actividad, comportamientos interactivos disminuidos o ausentes, decoloración u oscurecimiento de la piel (camaleones y dragones barbudos), frotamiento del área afectada, porte de la cabeza (extendido o alejado del cuerpo), ojos apagados/cerrados, disminución de la tendencia a enroscarse (serpientes), aerofagia, agresividad en animales pasivos, comportamiento pasivo en animales agresivos | Revisión |
| Machin, 2001 | Retirada de extremidades, respuesta de escape o evitación, intentos de morder | Revisión |
| Ting et al., 2022 | Pérdida del apetito, disminución de la actividad, comportamiento distinto al habitual, flotación inmóvil | Revisión |
| Ayers, 2016 | Agresión aumentada, caquexia, postura inusual, marcha inusual, ojos cerrados, esconderse y letargia. | Encuesta |
| La'Toya, 2023 | Disminución de la interacción con el entorno/cambios mentales, disminución del apetito, disminución de la capacidad para moverse alrededor del recinto, incapacidad para soportar peso en las extremidades afectadas, mayor retraimiento, disminución del rango de movimiento en las extremidades lesionadas, comportamientos anormales para tomar el sol, evitación social o agresión y cambios en el color de la piel en ciertas especies de lagartos | Encuesta |

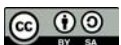
y no correctamente cuantificadas, pues el objetivo del estudio era evaluar la farmacocinética del ketorolaco.

Por último, Bardi et al. (2021) buscaron identificar biomarcadores en el plasma que puedan ser asociados al dolor en procedimientos quirúrgicos (gonadectomía) en *Trachemys scripta elegans* (tortugas orejas rojas). Ellos mencionan que la realización de etogramas puede ser útil para evaluar el dolor, teniendo previamente un etograma de referencia (i.e., previo al estímulo doloroso). Además, identifican la presencia de “comportamiento normal” en el etograma de referencia y un apetito normal, lo que se asocia con dolor leve o ausencia de dolor. El último grupo de artículos analizados, revisiones y encuestas (Tabla 5) se conformó de siete registros, de los cuales cinco fueron revisiones bibliográficas y dos fueron encuestas a expertos sobre el dolor en reptiles. En estos registros se mencionan comportamientos recolectados por otras revisiones, así como consensos mediante

encuestas a expertos donde se determina que comportamientos son sugerentes de dolor en reptiles.

DISCUSIÓN

Esta revisión permitió determinar las metodologías utilizadas en los últimos 25 años para evaluar el dolor en reptiles, así como la información que fundamenta los comportamientos que hoy en día se describen como señales de dolor, identificando además el tipo de fuente bibliográfica, para de esta manera, poder considerar el grado de evidencia científica antes de tomar decisiones en el manejo o tratamiento de reptiles. De los 751 artículos obtenidos en los motores de búsqueda solo 101 fueron seleccionados por tener relación directa con el tema, aun cuando, posteriormente el 55% de estos fueron excluidos por no cumplir con los criterios de elegibilidad por lo que finalmente solo el 5.7% ($n = 43$) de los artículos recopilados por los motores búsqueda



fueron utilizados en la revisión. A continuación se discuten los resultados para los 3 grupos de artículos identificados.

Respuesta nociceptiva específica

La respuesta ante un estímulo nocivo, ya sea térmico (placa caliente), mecánico (compresión) o químico (inyección subcutánea de químicos irritantes), son los métodos para el estudio del dolor en reptiles más reportados en la bibliografía revisada. Si bien estas metodologías ya descritas cuentan con una alta validación en mamíferos (Tappe-Theodor et al., 2019), existen factores fisiológicos de los reptiles que no han sido tomados en cuenta de manera particular en ninguno de los artículos analizados en esta revisión, los cuales pueden generar sesgos a la hora de utilizarlos. Por ejemplo, si el metabolismo ectotérmico tiene una influencia en el umbral térmico, es decir, si dependiendo de la temperatura que tenga el reptil al momento del estímulo térmico este tendrá un umbral del dolor distinto (Reid, 2018), por lo que sería importante validar el efecto de estos aspectos mediante estudios específicos.

Otro factor relevante a considerar es la epidermis, la cual por su alta queratinización y grosor provoca que exista menor sensibilidad en comparación con aves y mamíferos (Sian et al., 2019). Además, los diferentes tipos de escamas (escudos del caparazón, escamas ventrales en saurios) y las fases de la ecdisis, podrían también alterar la percepción del dolor (Perry & Nevarez, 2018; Serinelli et al., 2022). Las metodologías de estudio del dolor basadas en la respuesta de un miembro ante el estímulo nocivo, conocidos como “modelos de dolor evocado” evalúan principalmente dolor agudo, reportando cambios como la retirada o movimientos del miembro sometido al estímulo (Quagiatto et al., 2008; Kischinovsky et al., 2013; Knotek, 2014).

Aunque su aplicación en la investigación es muy útil (como en la evaluación analgésica de fármacos), estos estímulos dolorosos de tipo somático-agudo son muy particulares y poco representativos de los estímulos dolorosos que comúnmente son necesarios identificar y tratar en los herpetarios o en clínica diaria (e.g., procesos infecciosos/inflamatorios respiratorios o digestivos, abscesos, fracturas, politraumatismo), donde a diario existe un gran reto de identificar la presencia de dolor visceral, neuropático o crónico (Tappe-Theodor et al., 2019; Bhadesiya et al., 2020). La inyección de componentes irritantes como la capsaicina o formalina son más útiles para evaluar comportamientos de dolor persistente o crónico, pues el estímulo doloroso, a diferencia de los modelos anteriores, es continuo y pueden llegar a observarse alteraciones a lo largo del tiempo sin generar daño importante, como demostraron James et al. (2017). Estos autores encontraron una disminución en el

comportamiento alimentario en serpientes incluso una semana después de la administración de capsaicina.

Considerando las diferencias encontradas entre los comportamientos reportados por los estudios donde se somete a un estímulos térmico o mecánico, y donde se somete a un estímulos químico (Tabla 3), consideramos que es fundamental desarrollar modelos experimentales para el estudio del dolor en reptiles ante una mayor variedad de estímulos doloroso o adaptarlos tomando en consideración las diferencias biológicas y fisiológicas de las especies. Por ejemplo, en roedores se han desarrollado modelos con base en comportamientos naturales como “la creación de madriguera y nido”, lo cual cambia en respuesta al dolor quirúrgico, neuropático e inflamatorio (Tappe-Theodor et al., 2019). Considerando algunos comportamientos innatos de las serpientes del género *Crotalus* (de cascabel), podrían desarrollarse modelos relacionados con el movimiento de la cola como acto defensivo, donde la ausencia de estos movimientos ante un estímulo doloroso podría servir como indicativo de la presencia de dolor.

En mamíferos, las escalas de expresión facial para evaluación del dolor han tenido grandes mejoras mediante la utilización de programas computacionales para las mediciones de los cambios del rostro (Evangelista et al., 2019). Si bien los reptiles carecen de expresiones faciales (Burghardt, 2017), no se ha identificado si existen cambios en la postura corporal en relación con situaciones de dolor. Mediante el uso de video o fotografía se podrían identificar cambios posturales poco perceptibles a simple vista, por lo tanto, de la misma manera que se realizaron estas mediciones con las escalas faciales del dolor en mamíferos podrían realizarse mediciones corporales en reptiles. Un ejemplo del uso de estas herramientas para estudiar la postura de los reptiles lo hicieron Reilly & Elias (1998) quienes realizaron un análisis kinemático de la locomoción del *Alligator mississippiensis* (Caimán del Misisipi) mediante videograbaciones y fotografías de estos ejemplares. También han sido utilizados los cambios en comportamientos operantes como modelos de estudio del dolor en roedores de laboratorio (Tappe-Theodor et al., 2019). Por ejemplo, *Rattus norvegicus* (rata noruega) entrenadas para tocar un botón y recibir comida, luego de un estímulo doloroso, modificaron este comportamiento y dejaron de presionar el botón.

De igual manera, hay varanos (*Varanus*) y serpientes que se condicionan en zoológicos y herpetarios para entrar voluntariamente en jaulas o para adoptar posiciones que sean útiles para revisiones médicas (Fleming & Skurski, 2013). Estos comportamientos podrían ser utilizados para identificar el



Figure 3. Conclusions on reported physical changes indicating pain in different taxonomic groups of reptiles.

Figura 3. Conclusiones sobre cambios físicos reportados como indicativos dolor en diferentes grupos taxonómicos de reptiles.

dolor, realizando experimentos con reptiles entrenados para presentar estos comportamientos y al someterlos a algún estímulo doloroso se podría evaluar la disminución o pérdida de estos en respuesta el dolor. Para esto, aprovechar la necesidad de procedimientos electivos (como castraciones) o procedimientos médicos terapéuticos (e.g., manejo de heridas, gastrostomías, cistolitotomías), que podrían aprovecharse para disminuir el impacto en el bienestar animal y justificar ante un comité de bioética estudios del dolor.

Cambios físicos o comportamentales reportados en la clínica

Algunos animales presentan comportamientos documentados ampliamente mediante casos clínicos o experimentos de laboratorio que indican que el animal está cursando por un proceso doloroso. Por ejemplo, en mamíferos se ha observado cambio, por ejemplo, en la posición de las vibrisas, ojos entrecerrados, aplanamiento de las mejillas (Platt et al., 2001; Keating et al., 2012; Evangelista et al., 2019), y en aves se ha descrito sobre acicalamiento, plumaje erecto, temblores, posicionamiento en la zonas bajas del recinto en lugar de las perchas, entre otras como comportamientos asociados el dolor (Mikoni et al., 2022).

En los artículos revisados respecto a las alteraciones comportamentales, se observó que solo uno de los ocho artículos seleccionados fue una investigación con el objetivo de asociar comportamientos a un proceso doloroso, seis artículos fueron investigaciones con otras orientaciones (i.e., farmacocinética, anestesia, procedimientos quirúrgicos) donde mencionan que se evaluó el dolor, pero los comportamientos descritos son inespecíficos o no mencionan el fundamento para la evaluación de estos. Por último, un artículo buscó identificar biomarcadores del dolor y relacionar estos con comportamientos anormales (Tabla 4).

Estos resultados pueden ser el reflejo de una falta investigación en el tema, sumado a la complejidad que representa evaluar organismos con importantes diferencias biológicas, fisiológicas y manifestaciones diferentes a las que tradicionalmente han sido analizadas en otras taxa. Por tal razón, la realización de ensayos clínicos de analgesia y reportes de casos es necesaria, ya que puede ser también una herramienta útil para desarrollar información respecto al dolor. Además, el generar formatos para el registro de comportamientos y posturas, así como la utilización de las herramientas audiovisuales ya mencionadas,

puede ayudar a determinar cambios asociados al dolor. En general, los artículos evaluados en esta revisión describen como cambios asociados a la dolor: debilidad, letargia, hiporexia, inmovilidad, convulsiones caudocraneales, alteración de la postura (e.g., serpientes que no se mantienen enrolladas, camaleones no mantienen cola enrollada) y protección de la zona con el estímulo doloroso, descritos ampliamente en la Tabla 4. Sin embargo, se sabe que estos cambios de comportamiento no están específicamente relacionados con el dolor y pueden darse por una amplia gama de condiciones según la especie, como pueden ser las condiciones ambientales, enfermedades concurrentes, estado fisiopatológico y terapias administradas (e.g., temperatura ambiental debajo de su zona de temperatura óptima preferida, hipocalcemia, septicemia, distocia; Eskew & Todd, 2017; Schilliger et al., 2021). Por esta razón y a diferencia de la práctica en mamíferos, los etogramas no son del todo confiables y rara vez se utilizan para evaluar el estado de los reptiles en la práctica clínica (Bardi et al., 2021).

Para dar mayor confiabilidad a los etogramas, se sugiere mantener condiciones medio ambientales estables y particulares para cada especie, considerando en particular la temperatura, humedad, radiación UV, hábitos de alimentación y disminución de factores estresantes externos como el ruido o la presencia de posibles depredadores; esto en conjunto con el apoyo de tecnologías actuales para el estudio del dolor. Una de ellas, con alto potencial, son los biomarcadores, moléculas que aparecen en patologías específicas, los cuales se han ido desarrollando desde hace décadas, como las enzimas marcadoras de daño de diferentes órganos (Cobrin et al., 2013; Myers et al., 2017). En los últimos años, se han tratado de identificar moléculas biomarcadoras de dolor en mamíferos (Marchi et al., 2009). Bardi et al. (2021), con el objetivo de tener una manera de identificar padecimientos dolorosos en reptiles aislaron microARN de un biomarcador asociado al dolor, del suero de tortugas sometidas a un procedimiento quirúrgico. El comparar estos biomarcadores con etogramas en estudios sobre la evaluación del dolor podría ayudar a identificar de manera certera que comportamientos son en realidad indicativos de dolor.

Revisiones y encuestas

Dentro de las cinco revisiones se encontró información sobre el dolor y la nocicepción, así como comportamientos asociados y propuestas de evaluación del dolor considerando diferentes variables como son el comportamiento individual y social, la postura y la marcha, el grado de actividad, y el apetito, entre otros (Tabla 5). Las dos fuentes donde se realizaban encuestas a expertos en el área de la herpetología (Ayers, 2016; LaToya, 2023), arrojaron resultados similares, señalando comportamientos

como la disminución de respuestas ante estímulos del entorno (e.g., visuales, olfativos, táctiles), disminución del apetito, disminución de la capacidad para moverse alrededor del recinto, incapacidad para soportar peso en las extremidades afectadas, por mencionar algunos. Aunque ambas fuentes generan aportes similares, las revisiones proporcionan una mayor cantidad de información respecto a cada comportamiento seleccionado como relacionado con el dolor.

En el manejo de fauna silvestre, es común utilizar información obtenida con base en la experiencia de profesionales o personal experto en el área para la toma de decisiones clínicas (e.g., cuando se asume que un estímulo no produce dolor por qué un experto lo dice, pero no existe evidencia científica para comprobar esto). Sin embargo, podría representar un riesgo el establecer los comportamientos que representan el dolor en reptiles a partir de encuestas a profesionistas o expertos y no a partir de estudios clínicos estructurados, aun cuando, sean del área de la herpetología, considerando que pueden establecer diagnóstico de “comportamiento asociado al dolor” por una mala interpretación inconsciente, basada en lo que se observa en un mamífero por ser especies a las que se está expuesto mayormente. Es decir, al visualizar sus comportamientos y expresiones físicas se podría estar incurriendo en un sesgo de observación y de interpretación, al estar habituados a las expresiones de dolor de los mamíferos principalmente de compañía y los humano al visualizar un reptil podrían pasar desapercibidos cambios o ser mal interpretados, y generar datos erróneos en las encuestas (Monterola & Otzen, 2015; Azevedo et al., 2022), lo que podría sesgar de manera importante los resultados de una encuesta de percepción independientemente del grado de experticia del encuestado.

De manera práctica, la persona que evalúe el dolor en un reptil, independientemente de la experiencia que tenga, por sus experiencias personales con animales no reptiles y su desarrollo social puede tener un sesgo en la manera en que interpreta el comportamiento de los reptiles. Es un deber del veterinario evitar el sufrimiento de sus pacientes y si bien actualmente la mayor parte del gremio reconoce la existencia del dolor en los reptiles, la falta de conocimientos científicos al respecto genera incertidumbre a la hora de evaluar y tratar el dolor (Gris et al., 2022). Por lo que, aunque con cautela, se puede utilizar información generada a partir de encuestas con el fin de generar estrategias para la identificación y manejo del dolor, sin embargo, siempre será más recomendable la utilización de revisiones científicas para tener mayor acierto y seguridad en las decisiones.

CONCLUSIONES

Es necesario desarrollar ensayos clínicos y metodologías de estudio del dolor específicos para reptiles, y así poder entender y evaluar la presencia de los diferentes tipos de dolor, ya que actualmente existe poca información respecto a la expresión del dolor crónico, visceral pues la mayor parte de la información describe dolor somático y agudo. Además, la información que existe sobre la identificación del dolor se basa en mayor proporción en datos de bajo grado de evidencia científica (opiniones de expertos, encuestas), investigaciones no específicas sobre el estudio del dolor, extrapolación de datos de otros animales y en menor proporción, en investigaciones clínicas específicas del estudio del dolor en reptiles.

La alta variabilidad en el comportamiento de los reptiles, junto con la dificultad para entender sus expresiones de dolor, hace que la asociación del dolor a un comportamiento o señal visual específica, sea muy difícil. Además, en la literatura revisada se encontró poca cantidad y diversidad de investigaciones respecto a la identificación del dolor. El uso de nuevas tecnologías puede ser útil para la identificación del dolor y la correcta correlación entre comportamiento – nocicepción.

El uso de video y fotografía, así como las bitácoras (etogramas) pueden ser herramientas útiles para identificar cambios en comportamiento y la postura (Fig. 3). Los biomarcadores pueden ser una herramienta útil para la confirmación del dolor de manera experimental, siguiendo una metodología de aplicar un estímulo posiblemente doloroso. Observar comportamientos en respuesta a estos estímulos, y confirmar mediante biomarcadores podría ayudar a establecer con mayor confiabilidad que comportamientos son realmente ocasionados por dolor y posteriormente generar referencias a partir de estos comportamientos confirmados.

Probablemente con la información descrita hoy en día, se puede considerar que la evaluación del dolor en reptiles con un solo método sería insuficiente. Existen pocos cambios comportamentales observables asociados al dolor reportados en artículos de investigación a partir de evidencia científica (Fig. 2). Puesto que la mayoría de las fuentes mencionan la comparación con los comportamientos normales, la utilización de etogramas individuales o por especie (en el caso de aquellas de cautiverio) durante un periodo sin dolor podría ser útil para profesionales que trabajen con herpetofauna para identificar periodos de malestar. Sin embargo, hacen falta estudios para poder asegurar una correlación dolor-comportamiento.

LITERATURA CITADA

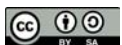
- Almeida, D., M. Kennedy & E. Wend-Hornickle. 2022. Snake sedation and anesthesia. *Veterinary Clinics of North America Exotic Animal Practice* 25:97-112.
- Ayers, H. 2016. Pain recognition in reptiles and investigation of associated behavioural signs. *The Veterinary Nurse* 7:292-300.
- Azevedo, A., L. Guimarães, J. Ferraz, M. Whiting & M. Magalhães-Sant'Ana. 2022. Understanding the human–reptile bond: An exploratory mixed-methods study. *Anthrozoos* 35:755-772.
- Baker, B., K. Sladky & S. Johnson. 2011. Evaluation of the analgesic effects of oral and subcutaneous tramadol administration in red-eared slider turtles. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 238:220-227.
- Bardi, E., S. Brizzola, G. Ravasio, S. Romussi, P. Dall'Ara, V. Zamarian, M. Arigoni, R.A. Calogero & C. Lecchi. 2021. Circulating miRNome of *Trachemys scripta* after elective gonadectomy under general anesthesia. *Scientific Reports* 11:14712.
- Bhadesiya C.M., G.R. Chaudhary, T.P. Patel, L.M. Sorathiya, V.A. Patel, P.J. Gajjar & M.J. Anikar. 2020. Prevalence of diseases and disorders of reptiles at Veterinary Hospital of Kamdhenu University, Gujarat, India. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 8:1477-1483.
- Bisetto, S.P., C.F. Melo & A.B. Carregaro. 2018. Evaluation of sedative and antinociceptive effects of dexmedetomidine, midazolam and dexmedetomidine–midazolam in tegu (*Salvator merianae*). *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* 45:320-328.
- Burghardt, G.M. 2017. Keeping reptiles and amphibians as pets: Challenges and rewards. *Veterinary Record* 181:447-449.
- Cerreta, A.J., C.A. Masterson, G.A. Lewbart, D.R. Dise & M.G. Papich. 2019. Pharmacokinetics of ketorolac in wild Eastern box turtles (*Terrapene carolina carolina*) after single intramuscular administration. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics* 42:154-159.
- Cobrin A.R., S.L. Blois, S.A. Kruth, A.C.G. Abrams-Ogg & C. Dewey. 2013. Biomarkers in the assessment of acute and chronic kidney diseases in the dog and cat. *Journal of Small Animal Practice* 54:647-655.
- Cooper, B.Y. & C.J. Vierck. 1986. Vocalizations as measures of pain in monkeys. *Pain* 26:393-407.



- Cordeiro, A., I. Nääs, M. Baracho, F.G. Jacob & D. de Moura. 2018. The use of vocalization signals to estimate the level of pain in piglets. *Engenharia Agrícola* 38:486-490.
- Couture, É.L., B.P. Monteiro, J. Aymen, E. Troncy & P.V. Steagall. 2017. Validation of a thermal threshold nociceptive model in bearded dragons (*Pogona vitticeps*). *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* 44:676-683.
- Doss, G.A., D.M. Fink, K.K. Sladky & C. Mans. 2017. Comparison of subcutaneous dexmedetomidine–midazolam versus alfaxalone–midazolam sedation in leopard geckos (*Eublepharis macularius*). *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* 44:1175-1183.
- Evangelista, M.C., R. Watanabe, V.S.Y. Leung, B.P. Monteiro, E. O'Toole, D.S.J. Pang & P.V. Steagall. 2019. Facial expressions of pain in cats: the development and validation of a feline grimace scale. *Scientific Reports* 9:19128.
- Eskew, E & B. Todd. 2017. Too cold, too wet, too bright, or just right? Environmental predictors of snake movement and activity. *Copeia* 105:584-591.
- Ferreira J.R., C. Scarpa, M. Batista, K. Werther & A.L. Quagliatto. 2012. Association of midazolam with ketamine in giant Amazon river turtles *Podocnemis expansa* breed in captivity. *Acta Cirúrgica Brasileira* 27:144-147.
- Ferreira, T.H. & C. Mans. 2019. Evaluation of neuraxial anesthesia in bearded dragons (*Pogona vitticeps*). *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* 46:126-134.
- Fink, D., G. Doss, K. Sladky, & C. Mans. 2018. Effect of injection site on dexmedetomidine-ketamine induced sedation in leopard geckos (*Eublepharis macularius*). *Journal of the American Veterinary Medical Association* 253:1146-1150.
- Fink, D.M., T.H. Ferreira & C. Mans. 2022. Neuraxial administration of morphine combined with lidocaine induces regional antinociception in inland bearded dragons (*Pogona vitticeps*). *American Journal of Veterinary Research* 83:212-217.
- Fleming, G.J. & M.L. Skurski. 2013. Conditioning and behavioral training in reptiles. Pp. 128-132. En D. Mader & S. Divers (Eds.). *Current Therapy in Reptile Medicine and Surgery*. Elsevier Inc. Missouri, USA.
- Fleming, G. & S. Robertson. 2012. Assessments of thermal antinociceptive effects of butorphanol and human observer effect on quantitative evaluation of analgesia in green iguanas (*Iguana iguana*). *American Journal of Veterinary Research* 73:1507-1511.
- Folland, D., M. Johnston, D. Thamm & D. Reavill. 2011. Diagnosis and management of lymphoma in a green iguana (*Iguana iguana*). *Journal of the American Veterinary Medical Association* 239:985-991.
- Giorgi, M., M. Salvadori, V. De Vito, H. Owen, M.P. Demontis & M.V. Varoni. 2015. Pharmacokinetic/pharmacodynamic assessments of 10 mg/kg tramadol intramuscular injection in yellow-bellied slider turtles (*Trachemys scripta scripta*). *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics* 38:488-496.
- Gris, V.N., M.A. Ferraro, A.E.K. T. Lima, S.R.G. Cortopassi & A.B. Carregaro. 2022. Attitudes of Brazilian veterinarians towards anesthesia and pain management in reptiles. *Journal of Herpetological Medicine and Surgery* 32:208-218.
- Hansen, L.L. & M.F. Bertelsen. 2013. Assessment of the effects of intramuscular administration of alfaxalone with and without medetomidine in Horsfield's tortoises (*Agrionemys horsfieldii*). *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* 40:e68-e75.
- Heaton-Jones, T.G., J. C-H Ko & D.L. Heaton-Jones. 2002. Evaluation of medetomidine-ketamine anesthesia with atipamezole reversal in American Alligators (*Alligator mississippiensis*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 33:36-44.
- International Association for the Study of Pain (IASP). 2020. IASP Terminology Background. Versión 2024. <https://www.iasp-pain.org/resources/terminology/> [Consultado en marzo 2024].
- James, L.E., C.J.A. Williams, M.F. Bertelsen & T. Wang. 2017. Evaluation of feeding behavior as an indicator of pain in snakes. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 48:196-199.
- Kanui, T.I. & K. Hole. 1992. Morphine and pethidine antinociception in the crocodile. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics* 15:101-103.
- Keating, S.C. J., A.A. Thomas, P.A. Flecknell & M.C. Leach. 2012. Evaluation of EMLA cream for preventing pain during tattooing of rabbits: Changes in physiological, behavioural and facial expression responses. *Plos One* 7:e44437.
- Kischinovsky, M., A. Duse, T. Wang & M.F. Bertelsen. 2013. Intramuscular administration of alfaxalone in red-eared sliders (*Trachemys scripta elegans*) - effects of dose and body temperature. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* 40:13-20.



- Knotek, Z. 2014. Alfaxalone as an induction agent for anaesthesia in terrapins and tortoises. *Veterinary Record* 175:327-239.
- Lambert, H., G. Carder & N. D'Cruze. 2019. Given the cold shoulder: A review of the scientific literature for evidence of reptile sentience. *Animals* 9:821.
- LaToya, L. 2023. Pain recognition in reptiles. *Veterinary Clinics of North America Exotic Animal Practice* 26:27-41.
- Liem, K.F., W.E. Bemis, W.F. Walker & L. Grande. 2001. *Functional anatomy of the vertebrates*, 3rd Edition. Fort Worth. Harcourt College. California, USA.
- Machin, K.L. 2001. Fish, amphibian, and reptile analgesia. *The Veterinary Clinics of North America Exotic Animal Practice* 4:19-33.
- Makau, C.M., P.K. Towett, K.S.P. Abelson & T.I. Kanui. 2014. Intrathecal administration of clonidine or yohimbine decreases the nociceptive behavior caused by formalin injection in the marsh terrapin (*Pelomedusa subrufa*). *Brain and Behavior* 4:850-857.
- Makau, C.M., P.K. Towett, K.S.P. Abelson & T.I. Kanui. 2017. Modulation of formalin-induced pain-related behaviour by clonidine and yohimbine in the Speke's hinged tortoise (*Kiniskys spekii*). *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics* 40:439-446.
- Makau, C.M., P.K. Towett, K.S.P. Abelson & T.I. Kanui. 2021. Modulation of nociception by amitriptyline hydrochloride in the Speke's hinge-back tortoise (*Kiniskys spekii*). *Veterinary Medicine and Science* 7:1034-1041.
- Mans, C., L.L. Lahner, B.B. Baker, S.M. Johnson & K.K. Sladky. 2012. Antinociceptive efficacy of buprenorphine and hydromorphone in red-eared slider turtles (*Trachemys scripta elegans*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 43:662-665.
- Manterola, C. & T. Otzen. 2015. Los sesgos en investigación clínica. *International Journal of Morphology* 33:1156-1164.
- Marchi, A., R. Vellucci, S. Mameli, A.R. Piredda, & G. Finco. 2009. Pain biomarkers. *Clinical Drug Investigation* 29:41-46.
- Mikoni, N.A., D.S.M. Guzman, E. Fausak & J. Paul-Murphy. 2022. Recognition and assessment of pain-related behaviors in avian species: An Integrative Review. *Journal of Avian Medicine and Surgery* 36:153-172.
- Miller, A. & M. Leach. 2023. Pain recognition in rabbits. *Veterinary Clinics of North America Exotic Animal Practice* 26:187-199.
- Mosley, C. 2011. Pain and nociception in reptiles. *Veterinary Clinics of North America Exotic Animal Practice* 14:45-60.
- Myers, M.J., E.R. Smith & P.G. Turfle. 2017. Biomarkers in veterinary medicine. *Annual Review of Animal Biosciences* 5:65-87.
- Olesen, M., M. Bertelsen, S. Perry & T. Wang. 2008. Effects of preoperative administration of butorphanol or meloxicam on physiologic responses to surgery in ball pythons. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 233:1883-1888.
- Oliver, V. & D. Pang. 2023. Pain recognition in rodents. *Veterinary Clinics of North America Exotic Animal Practice* 26:121-149.
- O'Malley, B. 2005. *Clinical anatomy and physiology of exotic species*. Elsevier Saunders. Philadelphia, USA.
- Pace, A., L. Meomartino, A. Affuso, G. Mennonna, S. Hochscheid & L. Dipineto. 2018. Aeromonas induced polyostotic osteomyelitis in a juvenile loggerhead sea turtle *Caretta caretta*. *Diseases of Aquatic Organisms* 132:79-84.
- Perpiñán, D. 2018. Reptile anaesthesia and analgesia. *Companion Animal* 23: 236-243.
- Perry, S. M., & J. G. Nevarez. 2018. Pain and its control in reptiles. *Veterinary Clinics of North America Exotic Animal Practice* 21:1-16.
- Platt, S.R., S.T. Radaelli & J.J. McDonnell. 2001. The prognostic value of the modified Glasgow Coma Scale in head trauma in dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 15:581-584.
- Quagiatto, A., C. Scarpa, J. Ferreira, B. Machado, J. Pachally & R. Ávila. 2008. Pharmacological restraint of captivity giant Amazonian turtle *Podocnemis expansa* (Testudines, Podocnemididae) with xylazine and propofol 1. *Acta Cirurgica Brasileira* 23:270-273.
- Reid, S. 2018. Identifying pain in reptiles. *Veterinary Practice Today* 6:58-62.
- Reida, J., A.M. Nolanb & E.M. Scott. 2018. Measuring pain in dogs and cats using structured behavioural observation. *The Veterinary Journal* 236:72-79.
- Reilly, S. & J. Elias. 1998. Locomotion in *Alligator mississippiensis*: kinematic effects of speed and posture and their relevance to



- the sprawling-to-erect paradigm. *The Journal of Experimental Biology* 201:2559-2574.
- Rockwell, K., K. Boykin, J. Padlo, C. Ford, S. Aschebrock & M. Mitchell. 2021. Evaluating the efficacy of alfaxalone in corn snakes (*Pantherophis guttatus*). *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* 48:364-371.
- Russell, A.P., & A.M. Bauer. 2021. Vocalization by extant nonavian reptiles: A synthetic overview of phonation and the vocal apparatus. *Anatomical Record* 304:1478-1528.
- Sadler, R., J. Schumacher, K. Rathore, K. Newkirk, G. Cole, R. Seibert & M. Cekanova. 2016. Evaluation of the role of the cyclooxygenase signaling pathway during inflammation in skin and muscle tissues of ball pythons (*Python regius*). *American Journal of Veterinary Research* 77:487-494.
- Scarpa, A.C., A.L. Quagliatto, F.M. Machado, J.R. Ferreira & E. Carvalho. 2009. The use of rocuronium in giant Amazon turtle *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) (Testudines, Podocnemididae). *Acta Cirúrgica Brasileira* 24:311-315.
- Serinelli, I., S. Soloperto & O.R. Lai. 2022. Pain and pain management in sea turtle and herpetological medicine: state of the art. *Animals* 12, 697.
- Schilliger, L., C. Vergneau-Grosset & M. Desmarchelier. 2021. Clinical reptile behavior. *Veterinary Clinics of North America Exotic Animal Practice* 24:175-195.
- Sian, R.C., P. Cigler & V. Kubale. 2019. Reptilian skin and its special histological structures. Intech Open Recuperado de <https://www.intechopen.com/chapters/65535> [Consultado en febrero 2024].
- Sladky, K., V. Miletic, J. Paul-Murphy, M.E. Kinney, R.K. Dallwig & S.M. Johnson. 2007. Analgesic efficacy and respiratory effects of butorphanol and morphine in turtles. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 230:1356-1362.
- Sladky, K., M. Kinney & S. Johnson. 2008. Analgesic efficacy of butorphanol and morphine in bearded dragons and corn snakes. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 233:267-273.
- Sladky, K & C. Mans. 2012. Clinical analgesia in reptiles. *Journal of Exotic Pet Medicine* 21:158-167.
- Stegmann, G.F., C.J.A. Williams, C. Franklin, T. Wang, & M. Axelsson. 2017. Long-term surgical anaesthesia with isoflurane in human habituated Nile Crocodiles. *Journal of the South African Veterinary Association* 88:a1451.
- Stoskopf, M.K. 1994. Pain and analgesia in birds, reptiles, amphibians and fish. *Investigative Ophthalmology and Visual science* 2:775-780.
- Tappe-Theodor, A., T. King & M.M. Morgan. 2019. Assessment of the pros and cons of clinically relevant methods to assess pain in rodents. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 100:335-343.
- Ting, A.K.Y., V.S.Y. Tay, H.T. Chng, & S. Xie. 2022. A critical review on the pharmacodynamics and pharmacokinetics of non-steroidal anti-inflammatory drugs and opioid drugs used in reptiles. *Veterinary and Animal Science* 17, 100267.
- Turner, P., D. Pang & J. Lofgren. 2019. A review of pain assessment methods in laboratory rodents. *Comparative Medicine* 69:451-467.
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar, F. Reyes, J. Kudera. & J. Hošek. (Eds.) 2023. *The Reptile Database*. <http://www.reptile-database.org>. [Consultado en Marzo 2024].
- Wambugu, S.N., P.K. Towett, S.G. Kiama, K.S.P. Abelson & T.I. Kanui. 2010. Effects of opioids in the formalin test in the Speke's hinged tortoise (*Kinixy spekii*). *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics* 33:347-351.
- Williams, C.J.A., L.E. James, M.F. Bertelsen & T. Wang. 2016. Tachycardia in response to remote capsaicin injection as a model for nociception in the ball python (*Python regius*). *Veterinary Anaesthesia and Analgesia* 43:429-434.
- Ziolo, M. & M. Bertelsen. 2009. Effects of propofol administered via the supravertebral sinus in red-eared sliders. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 234:390-393.
- Merritt, R.W., K.W. Cummins & M.B. Berg. 2008. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 4th Edition. Kendall Hunt Publishing Co., Dubuque, Iowa, USA.
- Moyle, P.B. 1973. Effects of introduced bullfrogs, "*Rana catesbeiana*", on the native frogs of the San Joaquin Valley, California. *Copeia* 1973:18-22.
- Ortiz-Serrato, L., G. Ruiz-Campos & J.H. Valdez-Villavicencio. 2014. Diet of the exotic American bullfrog, *Lithobates catesbeianus*, in a stream of Northwestern Baja California, Mexico. *Western North American Naturalist* 74:116-122.



- Pearl, C.A.; M.J. Adams; R.B. Bury & B. McCreary. 2004. Asymmetrical effects of introduced Bullfrogs (*Rana catesbeiana*) on native ranid frogs in Oregon. *Copeia* 2004:11-20.
- Peterson, A.C., K.L.D. Richgels, P.T. Johnson & V.J. McKenzie. 2013. Investigating the dispersal routes used by an invasive amphibian, *Lithobates catesbeianus*, in human-dominated landscapes. *Biological Invasions* 15:2179-2191.
- Pielou, E.C. 1975. *Ecological Diversity*. John Wiley & Sons, New York, New York, USA.
- Pinkas, L., M.S. Oliphant & I.L.K. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. State of California, Department of Fish and Game, Fish Bulletin 152:11-105.
- Pisani, G.R. 1973. *A Guide to Preservation Techniques for Amphibians and Reptiles*. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Miscellaneous Publications, Herpetological Circular No. 1:1-22.
- Quiroga, L.B., M.D. Moreno, A.A. Cataldo, J.H. Aragón-Traverso, M.V. Pantano, J.P. Segundo-Olivares & E.A. Sanabria. 2015. Diet composition of an invasive population of *Lithobates catesbeianus* (American Bullfrog) from Argentina. *Journal of Natural History* 49:1703-1716.
- Ruibal, M. & G. Laufer. 2012. Bullfrog *Lithobates catesbeianus* (Amphibia: Ranidae) tadpole diet: description and analysis for three invasive populations in Uruguay. *Amphibia-Reptilia* 33:355-363.
- Schloegel, L.M., A.M. Picco, A.M. Kilpatrick, J. Davies, A.D. Hyatt & P. Daszak. 2009. Magnitude of the US trade in amphibians and presence of *Batrachochytrium dendrobatidis* and ranavirus infection in imported North American bullfrogs (*Rana catesbeiana*). *Biological Conservation* 142:1420-1426.
- Schoener, T.W. 1970. Non-synchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. *Ecology* 51:408-418.
- Shaw, G. 1802. *General Zoology or Systematic Natural History*. Volume III, Part 1. Amphibia. Thomas Davison, London, UK.
- Smith, A.K. 1977. Attraction of bullfrogs (Amphibia, Anura, Ranidae) to distress calls of immature frogs. *Journal of Herpetology* 11:234-235.
- Sokal, R.R. & F.J. Rohlf. 1981. *Biometry, the Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. 2nd Edition. W.H. Freeman and Company, San Francisco, California, USA.
- StatSoft. 2008. *Statistica for Windows (Data Analysis Software System)*, Version 8.0. 298 p. Computer Program Manual, Quick Reference. Statsoft. Inc., Tulsa, Oklahoma, USA.
- 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.
- Usinger, R.L. (Ed.). 1968. *Aquatic Insects of California: with Keys to North American Genera and California Species*. University of California Press, Berkeley, California, USA.
- Wallace, R.K. Jr. 1981. An assessment of diet-overlap indexes. *Transactions of the American Fisheries Society* 110:72-76.
- Werner, E.E., G.A. Wellborn & M.A. McPeck. 1995. Diet composition in postmetamorphic bullfrogs and green frogs: implications for interspecific predation and competition. *Journal of Herpetology* 29:600-607.
- Wright, M.L., S.E. Richardson & J.M. Bigos. 2011. The fat body of bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) tadpoles during metamorphosis: Changes in mass, histology, and melatonin content and effect of food deprivation. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 160:498-503.
- Wu, Z., Y. Li, Y. Wang & M.J. Adams. 2005. Diet in introduced bullfrogs (*Rana catesbeiana*): Predation on and diet overlap with native frogs on Daishan Island, China. *Journal of Herpetology* 39:668-674.
- Xuan L., Y. Luo, J. Chen., Y. Guo, C. Bai & L. Yiming. 2015. Diet and prey selection of the invasive American bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) in Southwestern China. *Asian Herpetological Research* 6:34-44.
- Zaret, T.M. & A.S. Rand. 1971. Competition in tropical stream fishes: support for the competitive exclusion principle. *Ecology* 52:336-342.



OBSERVATIONS ON THE ADVERTISEMENT CALL OF THE TILARAN ROBBER FROG *CRAUGASTOR MIMUS* (ANURA: CRAUGASTORIDAE) IN COSTA RICA

OBSERVACIONES SOBRE EL LLAMADO DE ADVERTENCIA DE LA RANA LADRONA DE TILARÁN *CRAUGASTOR MIMUS* (ANURA: CRAUGASTORIDAE) EN COSTA RICA

Génesis Rodríguez-Naranjo^{1,2}, Claudia Gómez-Campos¹, Jefrie Hernández-Sánchez¹ & Juan G. Abarca^{2-3*}

¹Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

²Tlaloc Conservation, Costa Rica Wildlife Foundation, San José, Costa Rica

³Unidad de Microbiología Médico Veterinaria, Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA), Heredia, Costa Rica.

*Correspondence: barcajuan@gmail.com

Received: 2024-02-09. Accepted: 2024-04-11. Published: 2024-04-21.

Editor: José Manuel Serrano, México.

Resumen. – Reportamos por primera vez un canto de anuncio de *Craugastor mimus*, el cual consiste en una nota tonal corta y débil, sin frecuencia modulada, similar a un sonido “pip”, emitida cada cuatro a nueve segundos. El reporte de este canto en *C. mimus* confirma que, en Costa Rica, todas las especies de la serie *C. laticeps* son capaces de producir vocalizaciones, a pesar de la ausencia de sacos y hendiduras vocales.

Palabras clave. – Anuros, *Craugastor laticeps*, ranas hojarasqueras, bosque lluvioso, vocalización.

Abstract. – We report for the first time an advertisement call of *Craugastor mimus*, which consists of a short and weak tonal note, without modulated frequency, like a “pip” sound, emitted every four to nine seconds. The report of this advertising call in *C. mimus* confirms that, in Costa Rica, all species in the *C. laticeps* species group can produce vocalizations, despite the absence of vocal sacs and vocal slits.

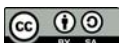
Key words. – Anurans, *Craugastor laticeps* group, leaf-litter frogs, rainforest, vocalization.

Central American frogs of the genus *Craugastor* (Cope, 1862) include 126 species (Frost, 2024), and are one of the most diverse and common groups in the tropical forest with direct developmental reproduction (Savage, 2002). *Craugastor mimus* (Taylor, 1955) is a common species categorized as Least Concern by the International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2020) that occurs in the lowlands and foothills of the Atlantic slope, from eastern Honduras through Nicaragua to southeastern Costa Rica; near sea level to 1626 m a.s.l. (Leenders, 2016; IUCN, 2020).

Three Costa Rican species previously considered within the *Craugastor gollmeri* group (Savage, 2002; Ibañez et al., 2012; Salazar-Zúñiga & García, 2014), were included by Hedges et al. (2008) within the *Craugastor laticeps* species series. Padial et al. (2014) did not recognize this grouping because all its parts were found in a polytomy with the *C. fitzingeri* and *C. punctariolus*

series. For his part, McCranie (2018) recognizes 10 species in the *C. laticeps*-like species series, all sharing similar morphologies including the absence of male vocal slits and sacs. Therefore, McCranie (2018) suggests using the *C. laticeps* group, for this group of species, which includes *C. gollmeri*, *C. noblei* and *C. mimus*. Savage indicated that *C. mimus* does not produce any sound, like the other members of the then *C. gollmeri* group (Savage, 2002). However, descriptions of advertisement calls were reported in 2012 for *C. gollmeri* (Ibañez et al., 2012) and in 2014 for *C. noblei* (Salazar-Zúñiga & García, 2014). Herein we describe the previously unknown advertisement call of *C. mimus* for Costa Rica.

On December 23, 2023, at 19:00 h, several frog calls were heard on a plot sampling as part of a research project to inventory amphibians and reptiles in a section of the Braulio Carrillo National Park, located in district of San Ramón, La Virgen de



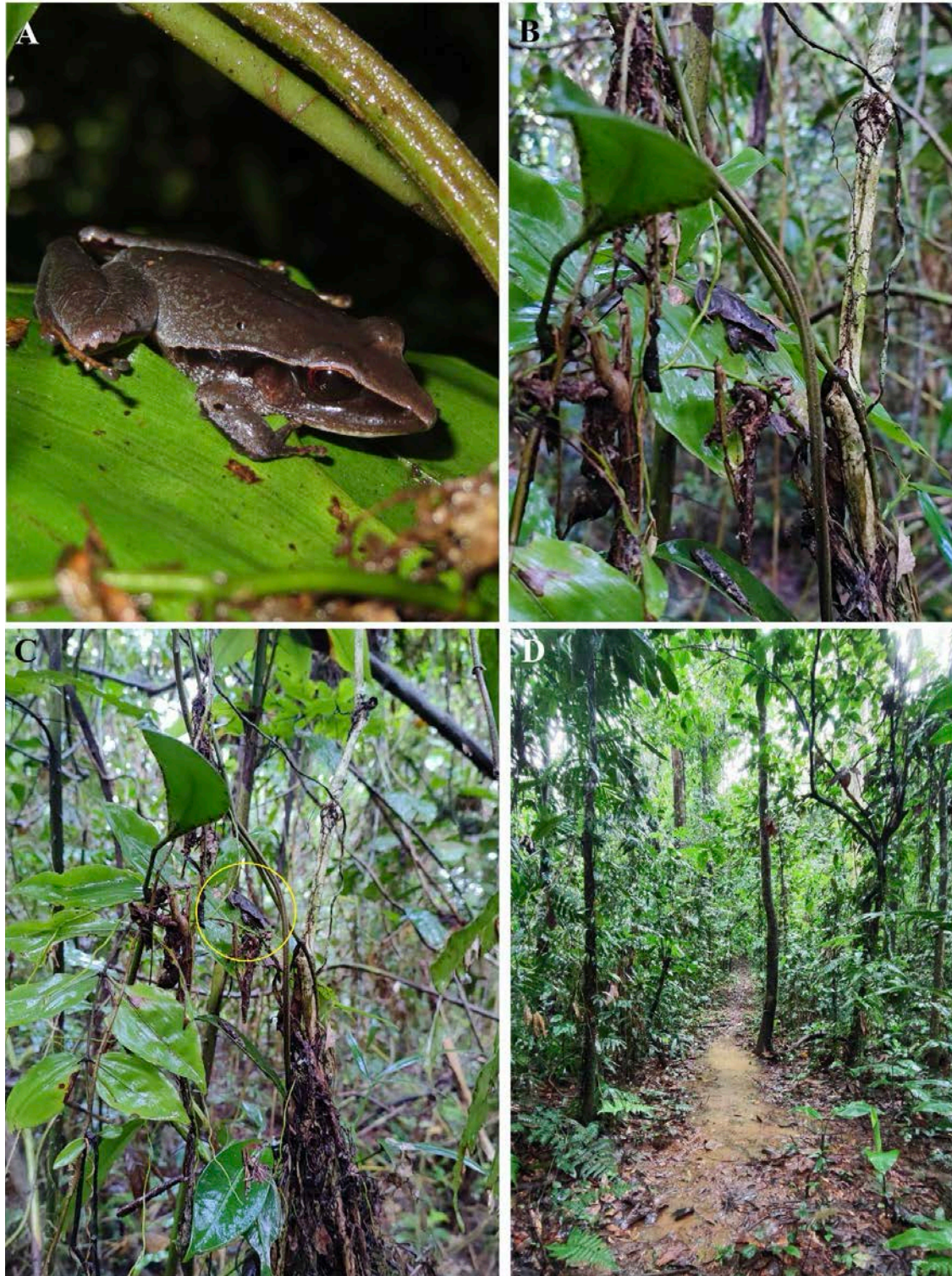


Figura 1. Macho de *Craugastor mimus* durante la emisión del canto. (A-B) Posición durante el canto, nótese la posición oblicua y hacia abajo de la cabeza. (B-C) Hábitat típico de la especie, un bosque húmedo tropical maduro. Fotos: Juan G. Abarca

Figure 1. *Craugastor mimus* male during the call emission. (A-B) Position during the call, note the oblique position of the head upside down. (B-C) Typical habitat of the species, a mature tropical rainforest. Photos: Juan G. Abarca

Tabla 1. Variables espectro-temporales del llamado de advertencia en machos de tres especies de la serie *Craugastor laticeps*.

Table 1. Spectro-temporal variables of the advertisement call produced in males of three species of *Craugastor laticeps* species series.

| Species | Note duration (ms) | Note interval (ms) | Dominant frequency (Hz) | Number of calls | Source |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|-----------------|------------------------|
| <i>C. mimus</i> | 30 ± 2.3 | 5593 ± 1200 | 1350 ± 41 | 31 | This study |
| <i>C. noblei</i> | 37 ± 6 40 ± 5 | 507 ± 37 | 717 ± 10 | 200 | Salazar & García, 2014 |
| <i>C. gollmeri</i> | 9.1 ± 2.6 | 135 ± 35 | 1827 ± 444 3087 ± 520 | 13 | Ibáñez, et al. 2012 |

Sarapiquí, Heredia, Costa Rica (10.325 N, 84.080 W, WGS 84, 509 m a.s.l.). At that time, this call was not recognized as belonging to any known species, after a brief search we found a calling male of *C. mimus*, identified as male by the size of the tympanum which is approached the size of the eye (Leenders, 2016); it was on a leaf in an oblique position upside down, at a height of 1.7 m from the ground (Figs. 1A and 1B). Around this individual, at least three more individuals were heard calling at a distance greater than two meters, but only this male could be located visually. All calls were heard mid-height in the forest, which was atypical for a species classified as a leaf-litter or ground dweller, however other species classified as terrestrial can call from the elevated vegetation (Twining & Cossel, 2023). The site was a mature tropical rainforest (Figs. 1C and 1D), and during the observations the conditions were slightly rainy.

We recorded the calls using a Xiaomi Poco X5 Pro 5G cell-phone and a Canon PowerShot SX740 HS digital camera, positioned 30 cm from the calling male. Recordings were obtained in MP4 format and converted to WAV format for analysis. Recordings and metadata are archived in the Collection of Records of the Fonoteca Zoológica (www.FonoZoo.com FZ-SOUND-CODE: 14694-14695). Because the call is a single tonal note repeated after regular silent intervals of longer duration than the sound, we used the note-centered approach in the terminology for the description of the *C. mimus* call (Köhler et al., 2017). Raven parameters were set as follows: Hann window type, window size of 1024 samples, 3 dB filter bandwidth of 67.7 Hz, time grid 90% overlap, time grid size of 102 samples, 46.9 Hz frequency grid spacing. For call analysis, we considered the following variables:

note duration, inter-note interval, pulses per note, dominant frequency, frequency range and harmonic frequency.

In total, 31 calls were analyzed, from one uncollected male. The advertisement call of *C. mimus* (Fig. 2) is a distinct weak vocalization, with a maximum intensity of 76.7 ± 2.7 dB at the dominant frequency, consisting of one tonal and unmodulated note; this sounds like a short and clear “pip” note, emitted every 4 to 9 seconds; during a three-minute recording a male called 29 times. Each note has a mean duration of 30 ± 2.3 ms (N = 31), intercall interval of 5593 ± 1200 ms (N = 27; min = 4301 ms; max = 9359 ms). The note consists of three well-defined harmonics, a dominant frequency of 1350 ± 41 Hz (N = 31; min = 1264 Hz; max = 1451 Hz), the first harmonic ranges from 980 to 1700 Hz, the second between 2364 to 2992 Hz and the third between 3753 to 4442 Hz (N:31). The note frequency ranges between 980 ± 70 and 4442. ± 527 Hz (N = 31; Bandwidth = 3462 Hz).

Based on our knowledge, within the *C. laticeps* species series, only *C. noblei* and *C. gollmeri* have their calls described (Ibáñez et al., 2012; Salazar-Zúñiga & García, 2014). The call heard in *C. mimus* differs significantly from these two species (see Table 1), as it consists of a single weak note heard at 7-9 m distance, whereas the call of *C. noblei* consists of two repeated strong notes heard at 30 m distance, and the call of *C. gollmeri* consists of a series of 13 weak notes heard at 3-4 m distance. Another aspect distinguishing the call of *C. mimus* is the presence of three well-defined harmonics, whereas the notes of the other species do not exhibit clear harmonics. Note modulation only occurs in the call of *C. gollmeri*, whereas both *C. mimus* and *C. noblei* have tonal notes. *C. mimus* exhibits the highest frequency range, followed by *C. gollmeri*, and the lowest frequency range corresponds to *C. noblei* (see Table 1).

Absence of vocal sacs in some groups of amphibians led to past assumptions that many species did not emit calls or sounds (Savage, 2002), however the vocalizations of leaf litter frogs have been frequently reported (Carbajal-Márquez et al., 2019; Cossel et al. 2019; Salazar et al., 2021). Relatively faint vocalizations are associated with lacking vocal slits and absence of vocal sacs; however, these frog species do have sufficient volume to attract nearby females or establish calling territories (Cossel et al., 2019). The report of this advertisement call in *C. mimus* confirms that within Costa Rica, all the species of this species series can produce vocalizations, but recordings of more individuals are needed for a better description of the call and its possible variations. Based on this fact, we consider that it is quite possible that the rest of the species of the *C. laticeps* species series also have vocalizations, not yet described.

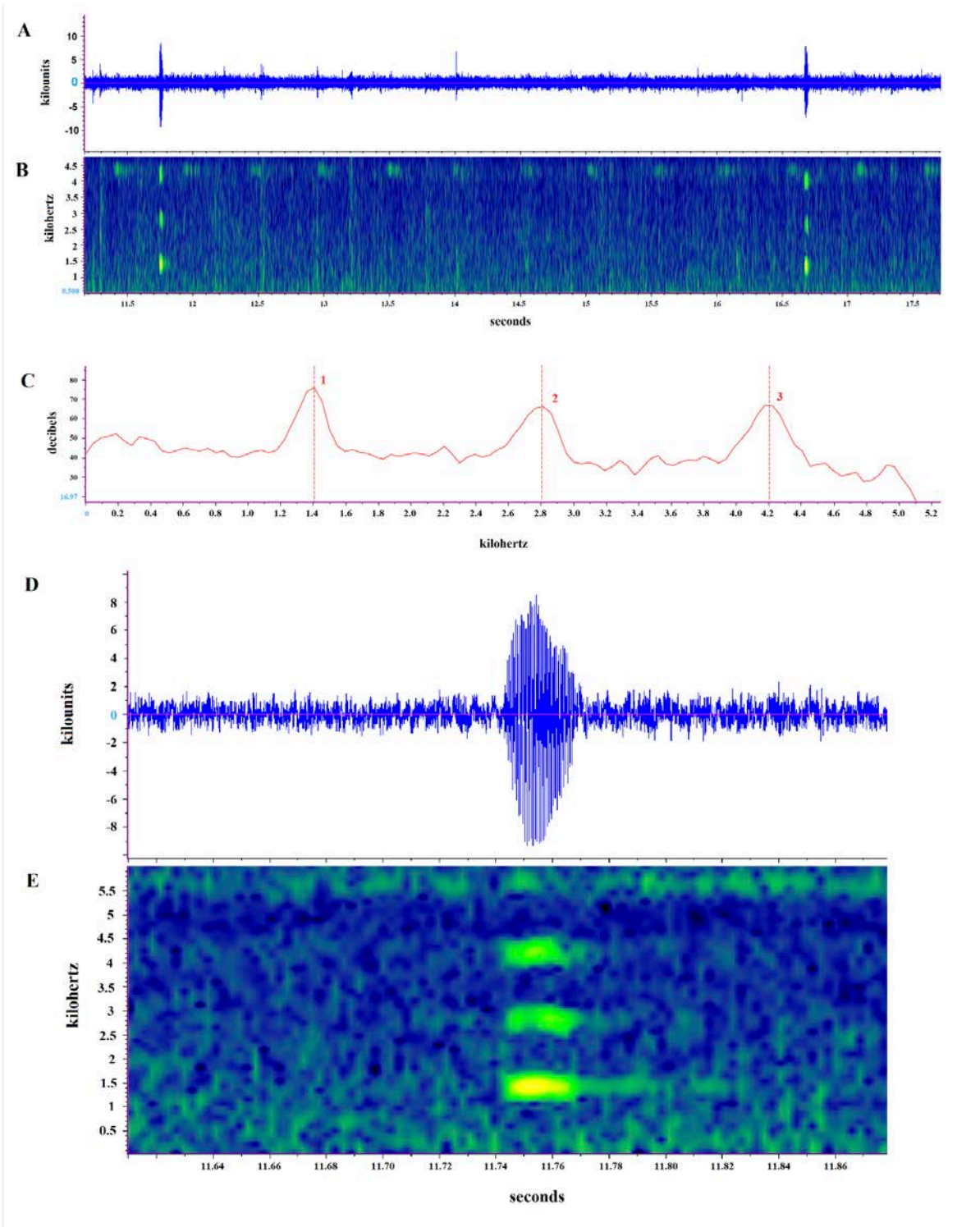


Figura 2. Canto de *Craugastor mimus*. (A) oscilograma que muestra la amplitud, (B) espectrograma con 2 notas emitidas, (C) espectro de potencia de la primera nota que muestra los tres armónicos, la línea roja punteada indica la intensidad de frecuencia más alta en cada uno, (D) oscilograma y (E) espectrograma del canto de una sola nota.

Figure 2. Advertisement call of *Craugastor mimus*. (A) oscillogram showing the amplitude, (B) spectrogram with 2 notes, (C) power spectrum of the first note showing the three harmonics, dotted red line indicates the highest frequency intensity in each, (D) oscillogram and (E) spectrogram of a single note call.

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 thank Laura González Ortiz for help in depositing the recordings in the Zoological Sound Library. Scientific Collection. National Museum of Natural Sciences CSIC. We thanks Carolina Esquivel Dobles, from the Tropical Biology Laboratory of the National University and Magdalia Campobasso for reviewing the English grammar in the document.

CITED LITERATURE

- Carbajal-Márquez R.A., L.F. Díaz-Gamboa, T. Ramírez-Valverde, C.M. García-Balderas, P.E. Nahuat-Cervera & J.T. Cedeño-Vázquez. 2019. Description of the male of *Craugastor yucatanensis* (Lynch, 1965) (Anura, Craugastoridae), its advertisement call, and additional data on females. *Zookeys* 900:129-139.
- Cossel Jr, J.O., J.E. Twining, K.L. Di Stefano, A. O'Brien, A.S. Reich & J. Sandoval-Alanis. 2019. Vocalizations of five species of frogs in the *Craugastor podiciferus* species group (Anura: Craugastoridae) from Costa Rica. *Herpetological Conservation and Biology* 14:235-249.
- Frost, D.R. 2024. Amphibian Species of the World: An Online Reference. Version 6.2. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/>. American Museum of Natural History, New York, USA. [Consulted in February 2024].
- Hedges, S.B.; W.E. Duellman & M.P. Heinicke. 2008. New World direct-developing frogs (Anura: Terrarana): Molecular phylogeny, classification, biogeography, and conservation. *Zootaxa* 1737:1-182.
- Ibáñez, R.D., C.A. Jaramillo & F.A. Solís. 2012. Description of the advertisement call of a species without vocal sac: *Craugastor gollmeri* (Amphibia: Craugastoridae). *Zootaxa* 3184:67-68.
- IUCN. 2020. *Craugastor mimus*. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-2.RLTS.T56766A54369213.en>. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T112686013A112686053. [Consulted in February 2024].
- 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.
- Leenders. T. 2016. Amphibians of Costa Rica. Cornell University Press. Ithaca, New York, USA.
- McCranie, J.R. 2018. A discussion of the phenetic-based *Craugastor laticeps* species group (Anura: Brachycephaloidea: Craugastoridae) from north-central Honduras, with the description of two new species. *Herpetologica* 74:169-180.
- Padial, J.M., T. Grant & D.R. Frost. 2014. Molecular systematics of terraranas (Anura: Brachycephaloidea) with an assessment of the effects of alignment and optimality criteria. *Zootaxa* 3825:1-132.
- Salazar, S., A.C. Montes-Correa, C.L. Barrio-Amorós. 2021. Description of two previously unknown anuran vocalizations from the Caribbean rainforests of Costa Rica. *Anartia* 32:67-70.
- Salazar-Zúñiga, J.A. & A. García-Rodríguez. 2014. Advertisement call of *Craugastor noblei*: another calling species of the *Craugastor gollmeri* group (Anura: Craugastoridae). *Phyllomedusa* 13:67-70.
- 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.
- Twining, J.E. & J.O. Cossel, Jr. 2023. Vocalizations of the Talamancan Robber Frog, *Craugastor talamancae* (Anura: Craugastoridae). *Reptiles & Amphibians* 30:e18581.



RANGE EXTENSION AND NEW MUNICIPALITY RECORD OF *ABRONIA TAENIATA* (ANGUIDAE) FROM PINAL DE AMOLES, QUERÉTARO, MEXICO

NUEVO REGISTRO MUNICIPAL Y EXTENSIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE *ABRONIA TAENIATA* (ANGUIDAE) PARA PINAL DE AMOLES, QUERÉTARO, MÉXICO

José Carlos Arenas-Monroy¹, Raciél Cruz-Elizalde² & Israel Solano-Zavaleta^{3*}

¹Biosfera Desarrollos Ambientales, S.A. de C.V., Querétaro 76180, Querétaro, México.

²Laboratorio de Ecología y Diversidad Faunística, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Avenida de las Ciencias S/N, Santa Fe Juriquilla, C. P. 76230, Querétaro, Querétaro, México.

³Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México 04510, Ciudad de México, México.

*Correspondence: isolanoz@ciencias.unam.mx

Received: 2024-02-04. Accepted: 2024-04-05. Published: 2024-04-21.

Editor: Ernesto Raya-García, México

Mexico: Querétaro: Municipality of Pinal de Amoles: Rancho El Jericó, ca. 2.8 km NE (in airline) of Pinal de Amoles town square (21.144306° N, 99.600859 W°; accuracy of 3 m; datum WGS84; 2,064 m a.s.l.). November 2nd, 2017. The adult male (Snout-vent

length = 108.4 mm; Fig. 1) was sighted motionless at ground level, at approximately 13:00 h. The lizard was apparently basking in an area covered with sparse small bushes, plants, and leaf litter (Fig. 2). We describe the vegetation as a secondary cloud forest.



Figura 1. Macho adulto de *Abronia taeniata*, en vida, recolectado en Rancho El Jericó, ca. 2.8 km al NE (en línea aérea) de la plaza principal de Pinal de Amoles. Esta foto fue catalogada con el voucher digital SDSNH_HerpPC_05355. Foto: José Carlos Arenas-Monroy.

Figure 1. Adult male of *Abronia taeniata*, in life, collected at Rancho El Jericó, ca. 2.8 km NE (in airline) of Pinal de Amoles town square. This photo was catalogued as digital voucher SDSNH_HerpPC_05355. Photo: José Carlos Arenas-Monroy.



Figura 2. Localidad en la que se recolectó el ejemplar de *Abronia taeniata* (CAR-UAQ 185). La flecha indica el sitio aproximado en el que se encontró el espécimen. Foto tomada el 4 de enero de 2018. Foto: José Carlos Arenas-Monroy.

Figure 2. Locality at which the specimen of *Abronia taeniata* (CAR-UAQ 185) was collected. The arrow indicates approximate site at which the specimen was found. Photo taken on January 4, 2018. Photo: José Carlos Arenas-Monroy.

This finding represents a new municipality record, and fills a distribution gap between eastern records of *Abronia taeniata* in the state of Querétaro and a northeastern record in Guanajuato. It extends the distribution of *A. taeniata* in the state of Querétaro ca. 46 km WSW (in airline) from the nearest Querétaro records (museum vouchers CM 73256 to CM 73259), collected at 3.8 mi W and 2.3 mi S El Lobo, Municipality of Landa de Matamoros, Querétaro (Dixon & Lemos-Espinal, 2010), and ca. 28.7 km NNW (in airline) from a recent photographic record of an individual found by Tepos-Ramírez et al. (2023) at La Esperanza, Municipality of Cadereyta de Montes, Querétaro (20.8916° N, 99.5399° W). It also represents an intermediate locality between the aforementioned records and unvouchered records published in Hernández-Árciga et al. (2018), northwest of our finding.

These last records lack precise locality data other than mention of the presence of this species in the municipalities of Atarjea and Xichú in Guanajuato state. We provide a map (Fig. 3) showing the location of our finding and previous nearest published records extracted from: Taylor (1953), Dixon & Lemos-Espinal (2010), Ramírez-Bautista et al. (2010), and Tepos-Ramírez et al. (2023). Verbatim localities with absent coordinates were georeferenced.

The specimen was handled, euthanized, preserved, and a tissue sample retrieved following the procedures of Simmons (2002), Beaupre et al. (2004), and Gamble (2015). The specimen was deposited at Colección de Anfibios y Reptiles, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro (voucher CAR-UAQ 185). The taxonomic identity of the specimen

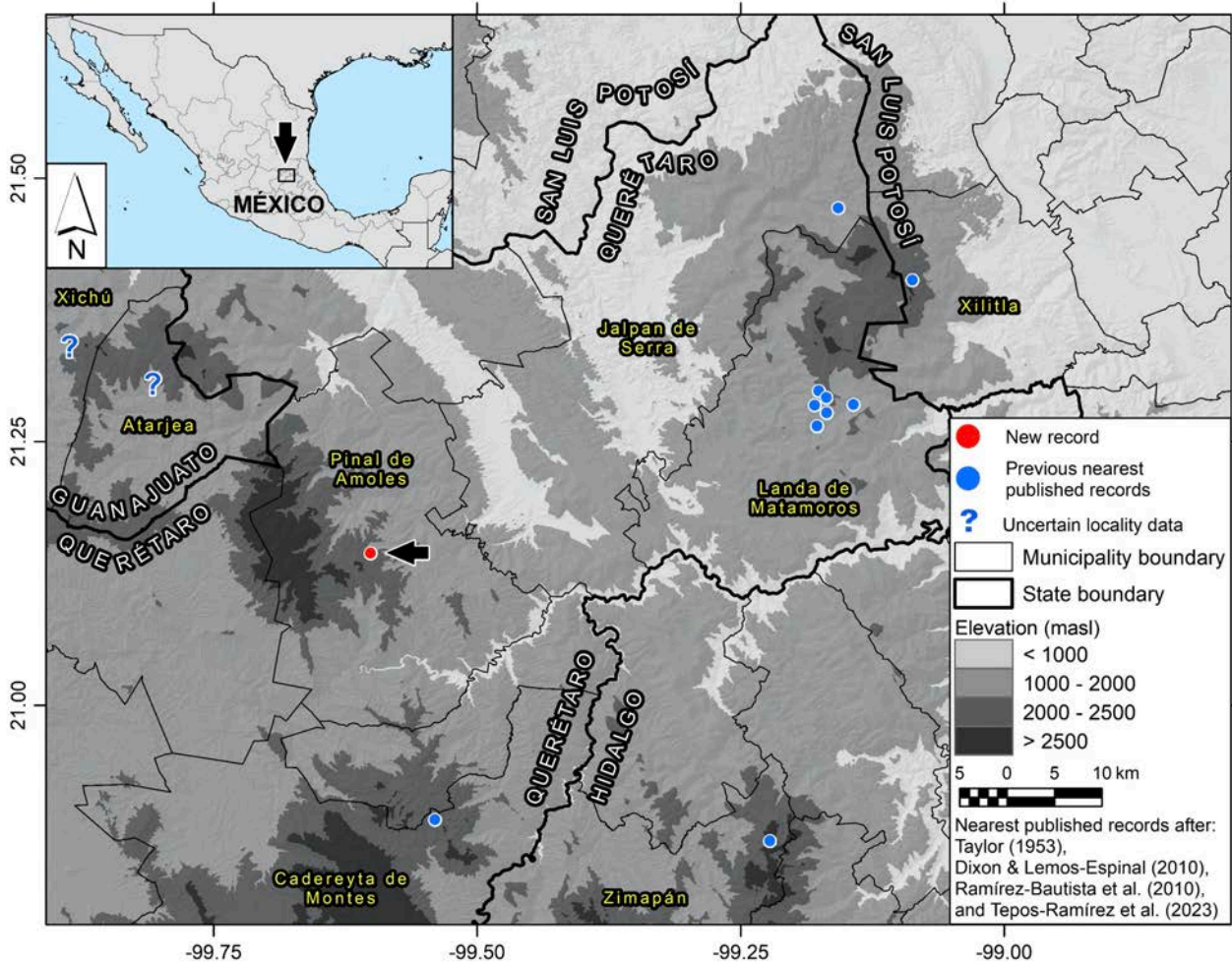


Figura 3. Mapa que muestra nuestro nuevo registro y los registros anteriores más cercanos publicados de *Abronia taeniata* en un cuadrante abarcando parte de los estados de Querétaro, Hidalgo, San Luis Potosí y Guanajuato. Los signos de interrogación denotan municipios con datos de localidad incierta (sin localidad exacta o coordenadas) para la especie.

Figure 3. Map depicting our new record and previous nearest published records of *Abronia taeniata* in a quadrant encompassing parts of Querétaro, Hidalgo, San Luis Potosí, and Guanajuato states. Question marks denote municipalities with uncertain locality data (without exact locality or coordinates) for the species.

was verified by Adam G. Clause. Additionally, we deposited a pair of photographs of the specimen in life, at San Diego Natural History Museum, Herpetology Collection (Photo voucher SDSNH_HerpPC_05354, and SDSNH_HerpPC_05355).

The arboreal stratum at the locality was mainly composed of *Alnus acuminata* in association with *Tilia mexicana*, and *Cornus disciflora*. These are trees commonly found in perturbed cloud forests in northeastern Querétaro (Zamudio et al., 1992). Whereas downhill, we observed a dry oak forest whose arboreal stratum was dominated by *Quercus mexicana*, *Q. affinis*, and *Q. laurina*; the oaks were scantily covered with moss. According to local inhabitants, approximately 25 years prior to our finding, the area's land-use was mainly field crops and grazing lands.

Interestingly, the vegetation at this locality apparently has regenerated during the past three decades. Should it be the case, our finding adds support to the hypothesis of Clause et al. (2018), that *A. taeniata* is resilient, and that habitat perturbation might not be a paramount threat for the survival of this species.

Finally, we noticed eight observations (not shown in map) in the iNaturalist platform (GBIF, 2024) of individuals referable to *A. taeniata* across the same mountain range of our finding. These observations, despite having coordinate obfuscation, suggest that our record is not an isolated specimen in the Sierra de Pinal de Amoles. Further sampling could reveal the existence of a previously undocumented large population of this lizard



across this isolated mountain range located in the northeastern portions of Querétaro and Guanajuato states.

Acknowledgements.- We thank Rubén Esparza Olvera for his logistical support and for the hospitalities provided at Rancho El Jericó. Manuel Aguirre Pérez provided funding. Diana Olvera provided help with plant identification. Adam G. Clause verified the taxonomic identity of the specimen. Bradford D. Hollingsworth catalogued the photographic vouchers. We also thank the anonymous reviewers of this note. Collecting was done under permit SGPA/DGVS/00770/22 and SGPA/DGVS/00769/22 issued to RCE by the Mexican authority SEMARNAT.

CITED LITERATURE

- Beaupre, S.J., E.R. Jacobson, H.B. Lillywhite & K. Zamudio. 2004. Guidelines for use of live amphibians and reptiles in field and laboratory research, second edition. <https://www.asih.org/resources>. ASIH (American Society of Ichthyologists and Herpetologists), Virginia, USA. [Consulted on 16 March 2024].
- Clause, A.G., I. Solano-Zavaleta, K.A. Soto-Huerta, R. de la A. Pérez y Soto & C.A. Hernández-Jiménez. 2018. Morphological similarity in a zone of sympatry between two *Abronia* (Squamata: Anguillidae), with comments on ecology and conservation. *Herpetological Conservation and Biology* 13:183-193.
- Dixon, J.R. & J.A. Lemos-Espinal. 2010. *Anfibios y reptiles del estado de Querétaro, México*. Texas A&M University, UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México), and CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad), Ciudad de México, México.
- Gamble, T. 2014. Collecting and preserving genetic material for herpetological research. *Society for the Study of Amphibians and Reptiles Herpetological Circular* 41:1-50.
- Global Biodiversity Information Facility (GBIF). 2024. GBIF Occurrence Download. <https://doi.org/10.15468/dl.jawrkk>. [Consulted on 16 March 2024].
- Hernández-Árciga, R., J. Villegas-Ruíz, C. Elizalde-Arellano & J.C. López-Vidal. 2018. *Los anfibios y reptiles de Guanajuato*. SMAOT (Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial), and Herpetario de la Sierra Gorda, Guanajuato, México.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, F. Mendoza-Quijano, R. Cruz-Elizalde, B.P. Stephenson, V.D. Vite-Silva & A. Leyte-Manrique. 2010. Lista anotada de los anfibios y reptiles del estado de Hidalgo, México. UAEH (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo), and CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). Ciudad de México, México.
- Simmons, J.E. 2002. Herpetological collecting and collections management, revised edition. *Society for the Study of Amphibians and Reptiles Herpetological Circular* 31:1-153.
- Taylor, E.H. 1953. Fourth contribution to the herpetology of San Luis Potosí. *The University of Kansas Science Bulletin* 35:1587-1614.
- Tepos-Ramírez, M., F.S. Garduño-Fonseca, C.A. Peralta-Robles, O.R. García-Rubio & R. Cervantes-Jiménez. 2023. Annotated checklist of amphibians and reptiles from Querétaro, México, including new records, and comments on controversial species. *Check List* 19:269-292.
- Zamudio, S., J. Rzedowski, E. Carranza & G. Calderón de Rzedowski. 1992. La vegetación del estado de Querétaro, panorama preliminar. Instituto de Ecología A. C. Centro Regional del Bajío, Querétaro, México.



FIRST RECORD OF PARTIAL MELANISM IN THE REDBACK COFFEE SNAKE *NINIA SEBAE* (SQUAMATA: DIPSADIDAE)

PRIMER REGISTRO DE MELANISMO PARCIAL EN LA SERPIENTE DE ESPALDA ROJA DEL CAFÉ *NINIA SEBAE* (SQUAMATA: DIPSADIDAE)

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: 2023-12-31. Accepted: 2024-04-11. Published: 2024-05-21.

Editor: Ernesto Raya-García, México.

Resumen.— Describo el primer caso de melanismo parcial en la serpiente cafetalera de espalda roja *Ninia sebae*. El 26 de octubre de 2021, se encontró un individuo melanístico de *N. sebae* en la reserva forestal dentro del campus central de la Universidad del Valle de Guatemala, en la ciudad de Guatemala, Guatemala. Se presenta una hipótesis de trabajo futuro sobre la evaluación de la pérdida de aposematismo en especies mímicas que habitan localidades en las que el modelo venenoso ha sufrido extinción local.

Palabras clave.— Aposematismo, bosque de pino y roble, fenotipo, hábitats degradados, hiperpigmentación.

Abstract.— I describe the first case of partial melanism in the redback coffee snake *Ninia sebae*. On October 26, 2021, one melanistic individual of *N. sebae* was found at the forest reserve within the central campus of Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala City, Guatemala. A working hypothesis is proposed for the assessment of the loss of aposematism in mimetic species inhabiting locations where the venomous model has undergone local extinction.

Key words.— Aposematism, pine-oak forest, degraded habitats, hyperpigmentation, phenotype.

Ninia sebae is a non-venomous Batesian mimic of the sympatric highly venomous coral snakes of the genus *Micrurus* (Köhler, 2008). Coral snake mimicry is a form of Batesian mimicry directed against visually driven predators such as birds (Hinman et al., 1997). Showing bright aposematic colors by coral-snake mimics can reduce predation risk by birds when the model species of *Micrurus* is present. However, the coloration reversal to a cryptic color pattern in coral snake mimics has been reported widely all over the world but the causes are still not fully understood (Davis et al., 2016).

On October 26, 2021, one melanistic adult snake of *Ninia sebae* was found by a gardener in a small pine-oak forest patch within the central campus of Universidad del Valle de Guatemala, Municipality of Guatemala, Guatemala, Guatemala (14.6059° N, 90.4937° W; WGS84; 1,486 m a.s.l.). The habitat is a degraded pine-oak forest with some exotic *Eucalyptus* trees. The melanistic individual was found crawling near the buildings of the campus. To the best of our knowledge, this is the first published record of

melanism in an adult *N. sebae*. The melanistic individual (Snout-vent length = 15 cm) exhibited an ochre coloration throughout the body, displaying faint markings of the typical banding of the species in the cephalic region and dorsal spots (Figure 1). Despite the phenotypic differences to known *N. sebae*, the identity of the specimen was confirmed following diagnostic lepidosis characters for the species following Köhler (2008). The specimen was measured, photographed, and released later back to the forest patch.

Given that the melanistic individual found comes from a highly degraded urban landscape forest, in which coral snakes had been largely extirpated from the site with no known reports for several decades (at least since the campus of the University was established in 1966), hereafter I propose a working hypothesis for future research into this topic. In places where the model venomous species of *Micrurus* had been extirpated a long time ago, the aversion of the bird population to coral snake mimics can be relaxed producing a selective pressure for reversals back

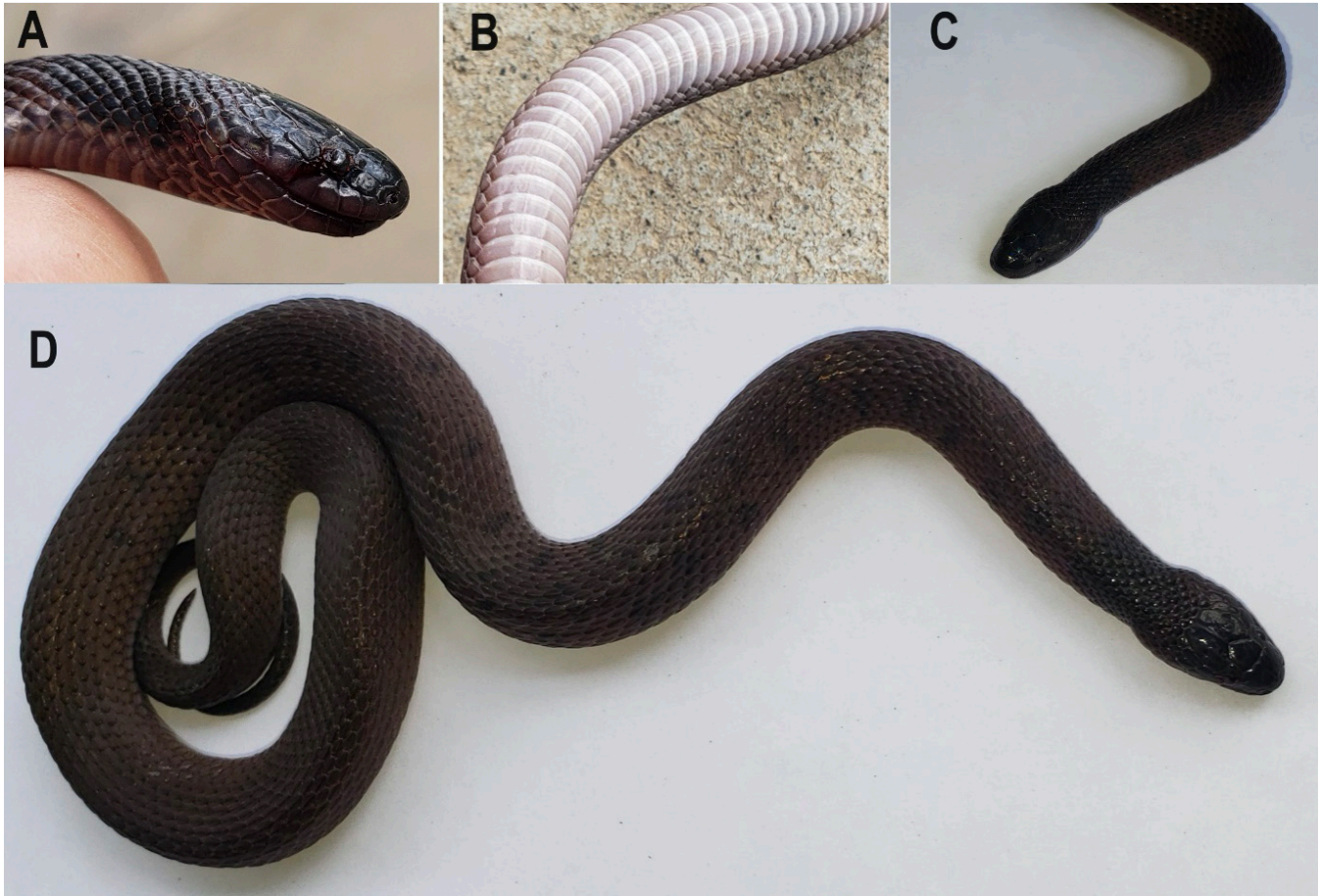


Figura 1. Reversión en la coloración mimética batesiana (melanismo) de *Ninia sebae* observada en el campus central de la Universidad del Valle de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Guatemala, a una elevación de 1486 m el 26 de octubre de 2021, mostrando vista cefálica (A), ventral (B), dorsal (C) y de cuerpo completo (D).

Figure 1. Batesian mimic coloration reversal (melanism) of *Ninia sebae* observed at the central campus of Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala City, Guatemala at 1486 m elevation on 26 October 2021, showing cephalic (A), ventral (B), dorsal (C) and whole body (D) views.

to cryptic colorations such as the melanistic individual I report here. In this scenario, cryptic colorations can be advantageous compared to brightly colored Batesian mimic patterns. This hypothesis can be tested with the analysis of rates of predation of coral-snake mimics within localities where the coral snake model is present and localities where the coral snakes had been extirpated long ago due to urbanization.

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).

CITED LITERATURE

- Davis, A. R., C.L. Cox, D. L. Rabosky, P.O. Tile, I. A. Holmes, A. Feldman & J.A. McGuire. 2016. Coral snakes predict the evolution of mimicry across New World snakes. *Nature Communications* 7:11484.
- Hinman, K.E., H.L. Throop, K.L. Adams, A.J. Dake, K.K. McLauchlan & M.J. McKone. 1997. Predation by free-ranging birds on partial coral snake mimics: The importance of ring width and color. *Evolution* 51:1011-1014.
- Köhler, G. 2008. *Reptiles of Central America*. 2nd ed. Herpeton, Verlag Elke Köhler, Offenbach, Germany.



DEPREDACIÓN DE *LIOLAEMUS MULTIMACULATUS* (SQUAMATA; LIOLAEMIDAE) POR *BOTHROPS AMMODYTOIDES* (SQUAMATA; VIPERIDAE) EN DUNAS COSTERAS DE PEHUEN-CO, BUENOS AIRES, ARGENTINA

PREDATION OF *LIOLAEMUS MULTIMACULATUS* (SQUAMATA: LIOLAEMIDAE) BY *BOTHROPS AMMODYTOIDES* (SQUAMATA; VIPERIDAE) IN COASTAL DUNES OF PEHUEN-CO, BUENOS AIRES, ARGENTINA

Germán Tettamanti^{1*}, Ana María Domínguez², David Gustavo Vera¹, Diego Omar Di Pietro¹, Melina Alicia Velasco¹ & Federico Pablo Kacoliris¹

¹Sección Herpetología, División Zoología Vertebrados, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Avda. 122 s/n, 1900, La Plata, Argentina.

²Sudoeste Comunicación Ambiental, Tarapacá 34, 8000, Bahía Blanca, Argentina.

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

Received: 2024-03-08. Accepted: 2024-04-24. Published: 2024-05-21.

Editor: Antonieta Labra Lillo, Chile.

Abstract. – We present the first record of predation of *Liolaemus multimaculatus* by *Bothrops ammodytoides*. This record represents the second predation event documented for *L. multimaculatus*, and contributes to the knowledge of the natural history of *L. multimaculatus* and *B. ammodytoides*.

Keywords. – Diet, trophic ecology, Sand Dune Lizard, Patagonian Lancehead.

Resumen – Primer registro de depredación de *Liolaemus multimaculatus* por *Bothrops ammodytoides*. Este registro representa el segundo evento de depredación documentado para *L. multimaculatus* y contribuye al conocimiento de la historia natural de *L. multimaculatus* y de *B. ammodytoides*.

Palabras clave. – Dieta, ecología trófica, lagartija de las dunas, yarárá ñata.

Liolaemus multimaculatus es una pequeña lagartija de alrededor de 80 mm totales, endémica de los pastizales de dunas costeras de la provincia de Buenos Aires y norte de la provincia de Río Negro, en Argentina (Ceí, 1993; Bulacios Arroyo y Kacoliris, 2021). Tienen preferencia por sitios de dunas vivas y sectores con matas o manchones de pasto aislados, las características de su historia natural (hábitat, comportamiento, alimentación y otras pueden verse en Kacoliris et al. (2010) y Arroyos Bulacio y Kacoliris (op. cit.).

Hasta el momento los conocimientos sobre los depredadores de esta especie son escasos. Kacoliris et al. (2010) sugieren que los principales depredadores de la especie serían las aves rapaces, gaviotas y secundariamente animales terrestres como zorros y gatos. Stellatelli et al. (2015) presenta observaciones atribuidas a eventos de depredación sobre esta especie por aves, usando

modelos de plastilina, que agregan especies a las anteriores. El único registro documentado de depredación sobre *Liolaemus multimaculatus* conocido es el de un ejemplar de loica común (*Sturnella loyca*; Icteridae) fotografiado con un ejemplar de la especie en su pico, en Balneario El Cóndor, Río Negro, Argentina (Bianchini, 2014).

Bothrops ammodytoides es una serpiente endémica de Argentina, que habita en zonas áridas, tanto serranas como medianosas (Carrasco et al., 2010). Su dieta se basa en pequeños vertebrados como roedores y saurios (Ceí, 1993; Gómez Alés et al., 2013; Di Pietro et al., 2020), aunque también se mencionan aves y anuros (Williams et al., 2021).

El 9 de octubre de 2022 durante un muestreo en la costa de Pehuen-Co (-39,00078, -61,50911; WGS 84; 5 m s.n.m.),

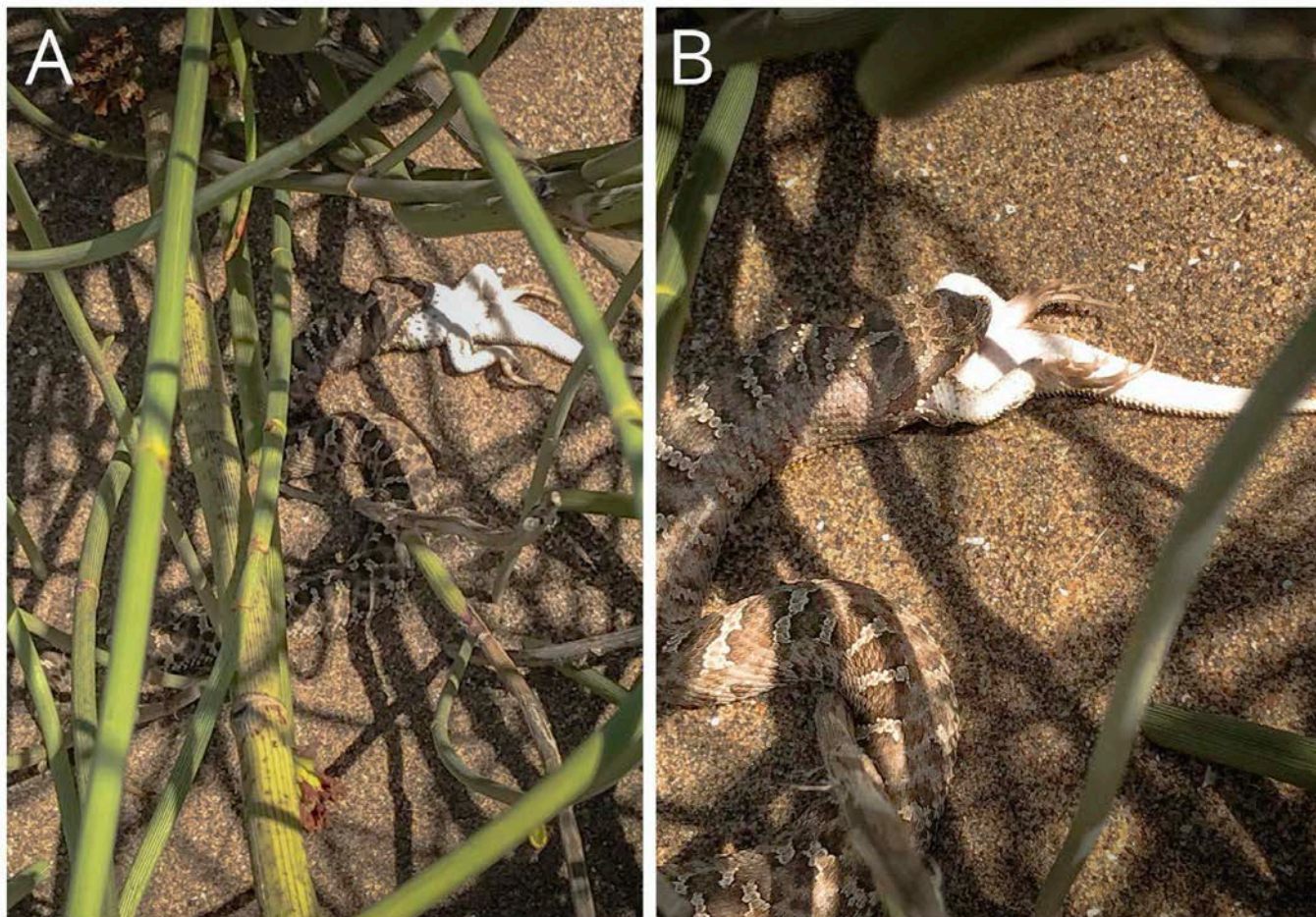


Figura 1. *Bothrops ammodytoides* feeding on an adult male of *Liolaemus multimaculatus* (A); Detail of the predation event (B). Photo: Ana María Domínguez.

Figure 1. *Bothrops ammodytoides* alimentándose de un macho adulto de *Liolaemus multimaculatus* (A); Detalle del evento de depredación (B). Foto: Ana María Domínguez.

Buenos Aires, Argentina, observamos a un ejemplar de *Bothrops ammodytoides* alimentándose de un macho adulto de *Liolaemus multimaculatus* (Fig.1). El evento de depredación tuvo una duración de aproximadamente 6 minutos y se obtuvieron registros fotográficos.

Las imágenes registradas fueron depositadas en el Repositorio Digital de la Naturaleza Argentina de la Fundación de Historia Natural Félix de Azara (CFA) (Fig. 1 - CFA-IMG-7373 y CFA-IMG-7374). La identificación de *Bothrops ammodytoides* se basó en la presencia de una escama rostral subtriangular hacia arriba y en el patrón de coloración. La lagartija se identificó mediante el patrón de coloración ventral, que en los machos de esta especie es blanco con manchas negras (Ceí, 1993).

La distribución de ambas especies se solapa en la Barrera medanosa Austral y en la Barrera medanosa Patagones de la provincia de Buenos Aires, en las cuales además comparten hábitat (Kacolis et al., 2006). Por lo tanto, asumimos que esta interacción depredador-presa podría ser un evento común entre estos taxa.

Agradecimientos.- Agradecemos al guardaparque Alejandro Leiss, a la Dirección de Áreas Protegidas de la Dirección Provincial de Ordenamiento Ambiental del Territorio y Bienes Comunes (Ministerio de Ambiente de la provincia de Buenos Aires) y al Repositorio Digital de la Naturaleza Argentina de la Fundación de Historia Natural Félix de Azara.

LITERATURA CITADA

- Bianchini, M. 2014. Primer registro de predación de vertebrado por la loica común (*Sturnella loyca*: Passeriformes: Icteridae) en la Argentina. *Acta Zoológica Lilloana* 58:258-261.
- Bulacios Arroyo, A.L. & F.P. Kacoliris. 2021. *Liolaemus multimaculatus*. Pp. 292-293. En C.S. Abdala, A. Laspiur, G. Scrocchi, R.V. Semhan, F. Lobo & P. Valladares (Eds.). *Las Lagartijas de la Familia Liolaemidae. Sistemática, Distribución e Historia Natural de una de las Familias de Vertebrados más Diversas del Cono Sur de Sudamérica. Volumen 2*. RIL Editores, Tarapacá, Chile.
- Carrasco, P., G. Leynaud & G. Scrocchi. 2010. Redescription of the southernmost snake species, *Bothrops ammodytoides* (Serpentes: Viperidae: Crotalinae). *Amphibia-Reptilia* 31:323-338.
- Cei, J. M. 1993. Reptiles del Noroeste, Noreste y Este de la Argentina. *Herpetofauna de las Selvas Subtropicales, Puna y Pampas*. Museo Regionali di Scienze di Torino, Torino, Italia.
- Di Pietro, D.O., J.D. Williams, M.R. Cabrera, L. Alcalde, R. Cajade & F.P. Kacoliris. 2020. Resource partitioning in a snake assemblage from east-central Argentina. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 92:2-22.
- Gómez Alés, R., M. Olmedo, A. Laspiur, J.C. Acosta, G. Fava & A. Victoria. 2013. *Rhinocerophis ammodytoides* (Yararanata). *Diet. Herpetological Review*, 44:157.
- Kacoliris, F., N. Horlent & J.D. Williams. 2006. Herpetofauna, Coastal dunes, Buenos Aires Province, Argentina. *Check list* 2:15-21.
- Kacoliris, F., J. Williams & A. Molinari. 2010. Selection of key features of vegetation and escape behavior in the Sand Dune Lizard (*Liolaemus multimaculatus*). *Animal Biology* 60:157-167.
- Santamaría Zaldua, U., M.A. Santillan & J.H. Sarasola. 2020. *Bothrops ammodytoides* (Yararáñata): Diet. *Herpetological Review* 51:859.
- Stellatelli, O.A., C. Block, L.E. Vega & F.B. Cruz. 2015. Nonnative vegetation induces changes in predation pressure and escape behavior of two sand lizards (Liolaemidae: *Liolaemus*). *Herpetologica* 71:136-142.
- Williams, J.D., D.G. Vera & D.O. Di Pietro. 2021. Lista comentada de las serpientes de la Argentina, con referencias a su sistemática, distribución geográfica, dieta, reproducción, potencial peligrosidad y etimologías. *Revista del Museo de La Plata* 6:26-124.



A TEMNOSPONDYL HANDPRINT FROM THE UPPER PALEOZOIC OF THE MATZITZI FORMATION, MEXICO

UNA HUELLA DE TEMNOSPÓNDILO DEL PALEOZOICO SUPERIOR DE LA FORMACIÓN MATZITZI, MÉXICO

Jorge A. Herrera-Flores* & María Patricia Velasco-de León¹

¹*Colección de Paleontología, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, Batalla 5 de Mayo, Ejercito de Oriente, Iztapalapa, C.P. 09230, Ciudad de México, México.*

*Correspondence: jorgeherrera.phd@gmail.com

Received: 2024-02-26. Accepted: 2024-04-22. Published: 2024-05-21.

Editor: Sean Rovito, México.

Resumen.— Se reporta el molde natural de una huella de la mano izquierda de un temnospondilo indeterminado hallada en un afloramiento de la Formación Matzitzi (Pérmico superior) al noroeste del Estado de Oaxaca, México. Esta huella representa el primer registro de temnospondilos para el país y el registro más austral de este grupo en Norte América; además, este es el registro más antiguo conocido de un tetrápodo en México.

Palabras clave.— Amphibia, huella fósil, Pérmico, Temnospondyli, Tetrapoda.

Abstract.— We report a natural cast of the left manus of an indeterminate temnospondyl, found in an outcrop of the Matzitzi Formation (Upper Permian) in the northwestern region of the State of Oaxaca, Mexico. This ichnite is the first record of temnospondyls for the country, as well as the southernmost record of this group in North America; additionally, this is the oldest known record of a tetrapod in Mexico.

Key words.— Amphibia, fossil track, Permian, Temnospondyli, Tetrapoda.

For over a hundred years the Matzitzi Formation has been fundamental for the study of the Paleozoic of Mexico. The first description of the Matzitzi Formation comes from the work of the geologist José G. Aguilera who described, in the contribution “Bosquejo geológico de México”, a new geological formation for the southeast region of Puebla State, close to the Tehuacán Valley. Aguilera (1896) named the new geological formation as “Matzitzi” and suggested a possible Early Jurassic age. He also pointed out that the formation extended throughout several towns such as San Francisco Xochiltepec, Los Reyes Metzontla, Caltepec, San Luis Atolotitlán and Coatepec. Several years later, Wieland (1914) recognized that the Matzitzi Formation was very rich in fossil plants; however, it was many decades until Silva-Pineda (1970) began a detailed study of the paleofloristic diversity of the zone.

In her work, Silva-Pineda (1970) discarded the Early Jurassic age proposed by Aguilera (1896), and mentioned that the age of the Matzitzi Formation was likely Pennsylvanian (Upper Carboniferous), based on the fossil plants that she recognized.

On the other hand, many new studies on the geology, stratigraphy and the paleofloristic diversity of the Matzitzi Formation have been carried out recently, considerably improving our knowledge about this important geological unit (e.g. Centeno-García et al., 2009; Flores-Barragan, 2019; Velasco-de León et al., 2020; Villanueva-Amadoz et al., 2020; Flores-Barragan & Velasco-de León, 2021; Bedoya et al., 2021; Flores-Barragan et al., 2021; Martini et al., 2021).

Regarding the paleodiversity of the Matzitzi Formation, new studies have extensively documented its fossil flora, providing several records that include the orders Equisetales, Gigantopteridales, Glossopteridales, Lepidodendrales, Marattiales, Osmundales, Peltaspermales and Voltziales. They suggest an Upper Permian age and a sub-humid environment for this formation (Velasco-de León et al., 2020; Flores-Barragan & Velasco-de León, 2021; Flores-Barragan et al., 2021). Although the plant diversity of the Matzitzi Formation is vast, no remains of vertebrate or invertebrate fauna have been found

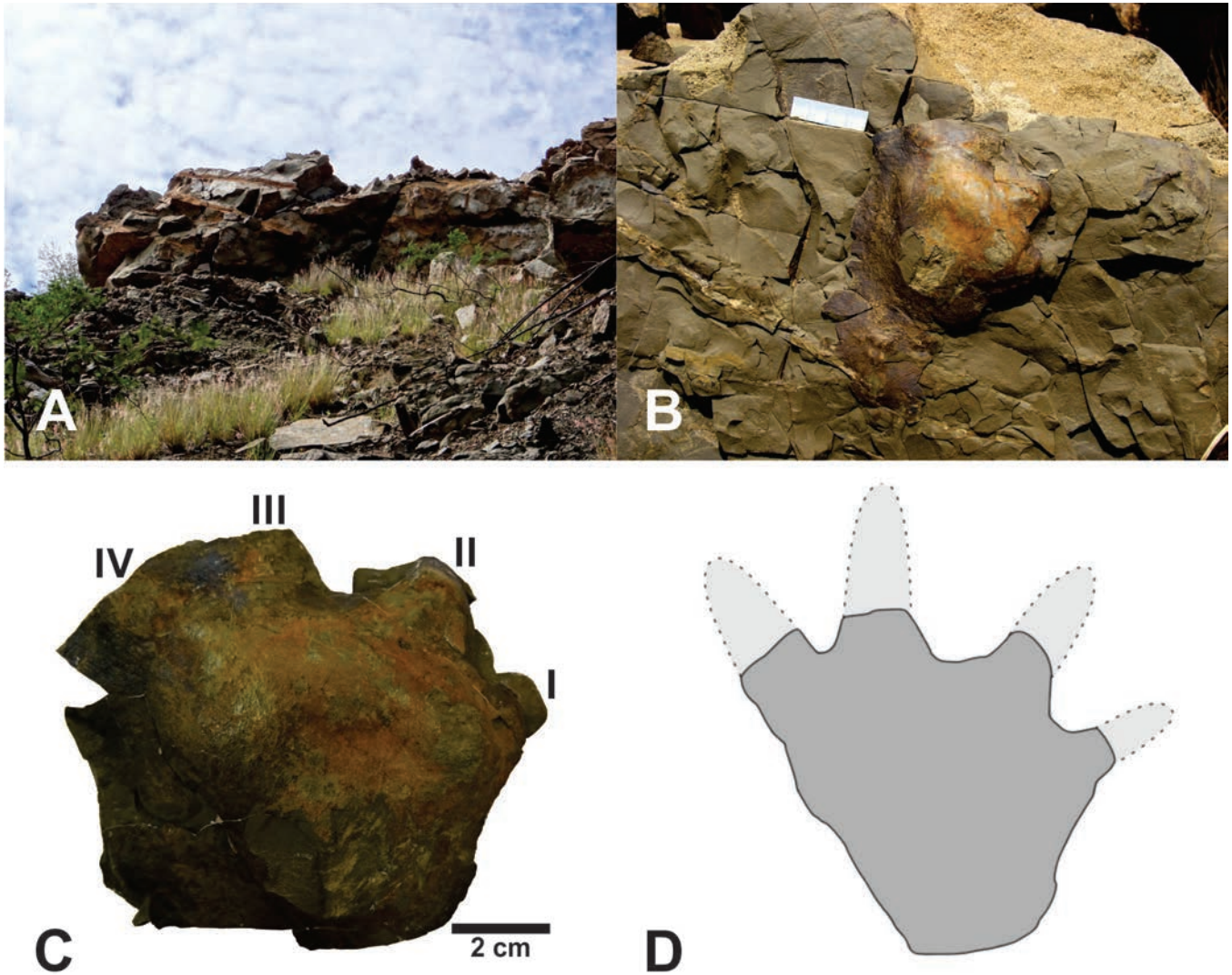


Figura 1. A) Corte de carretera cerca del kilómetro 89 de la carretera Cuacnopalan-Oaxaca en el municipio de Tepelmeme Villa de Morelos, Oaxaca, en donde se encontró la huella; B) Matriz de roca con el molde natural como fue hallado a un costado del camino; C) Molde de la huella (CFZMt-312) como se encuentra preservado en la Colección de Paleontología de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza; D) Reconstrucción de la vista de la palma de la mano izquierda del temnospondilo indeterminado de la Formación Matzitzi; el área gris representa al espécimen CFZMt-312, mientras que las líneas punteadas son una interpretación de los dedos faltantes.

Figure 1. A) Cut slope near the kilometer 89 of the Cuacnopalan-Oaxaca highway in the Municipality of Tepelmeme Villa de Morelos, Oaxaca, where the handprint was found; B) Rock matrix with the natural cast as it was found aside the road; C) Handprint cast (CFZMt-312) as it is preserved at the Colección de Paleontología of the Facultad de Estudios Superiores Zaragoza; D) Reconstruction of the palmar view of the left manus of the indeterminate temnospondyl from the Matzitzi Formation; the grey area represents the specimen CFZMt-312, while the dotted lines are an interpretation of the missing fingers.

until now. Here, we report a fossil ichnite of an early tetrapod which represents the first record of an animal for the Matzitzi Formation.

On May 6th, 2013, during a fieldtrip to Santiago Yosondúa, we stopped along the road between the limits of Puebla and Oaxaca states near kilometer 89 of the Cuacnopalan-Oaxaca highway

in the Municipality of Tepelmeme Villa de Morelos, Oaxaca (18.1142498° N, 97.3397921° W; WGS84; 1,615 m.a.s.l.). Here we found a large fragment of rock matrix that broke off and fell from the upper part of the cut slope (Fig. 1A). The rock matrix included what apparently was the natural cast of a footprint of an unidentified tetrapod (Fig. 1B). The cast was collected by carefully removing it from the rock matrix, and then it was



Figura 2. Reconstrucción paleoambiental de la Formación Matzitzi. La diversidad vegetal de la zona estaba principalmente compuesta por licófitas arborescentes (Lepidodendrales), colas de caballo (Equisetales), helechos (Marattiales) y otros órdenes de plantas que sugieren un ambiente sub-húmedo, mientras que la única fauna conocida fueron temnospondilos de tamaño mediano o relativamente grande. Ilustración por Diana S. Guzmán-Madrid.

Figure 2. Paleoenvironmental reconstruction of the Matzitzi Formation. The plant diversity of the zone was mainly composed by arborescent lycophytes (Lepidodendrales), horsetails (Equisetales), ferns (Marattiales) and other plant orders that suggest a sub-humid environment, while the only known fauna were middle-sized or relatively large temnospondyls. Artwork by Diana S. Guzmán-Madrid.

wrapped in foam rubber and transported to the Colección de Paleontología of the Facultad de Estudios Superiores Zaragoza in Mexico City, where it is housed under the catalog number CFZMt-312. The specimen is a natural cast of lutite of fine-grained sandstone. The ichnite is very broad distally with a marked decrease in width proximally, the measurements as preserved are 84.3 mm of length and 99.8 mm of width (Fig. 1C). The ichnite is the natural cast of an impression of the left manus of a middle-sized or relatively large tetrapod. The handprint cast is very well-preserved, which suggests that the animal was a plantigrade that deeply embedded its forelimb. The handprint

cast allows us to observe some notable features of the hand such as the palmar pads and the palmar transverse creases (Fig. 1C). Four digits are distinguishable, all of them broken at the level of the middle part of the proximal phalanges; all the digits show a remarkable gap among them indicating that the animal walked with wide-spread fingers (Fig. 1D).

The Temnospondyli was a diverse group of small to very large early tetrapods that successfully flourished from the Carboniferous to the Early Cretaceous (Carroll, 1988, 2009; Benton, 2014). Through time, temnospondyls developed a very

high morphological disparity, and between the late Paleozoic and the early Mesozoic, they were widely widespread due to their morphological adaptations to life in terrestrial and aquatic environments (Fortuny et al., 2011, 2016). Most temnospondyls had a robust body with a broad rounded or triangular skull adapted to feed on a wide variety of prey (Fortuny et al., 2011). Another notable morphological characteristic of temnospondyls is that most known species had five digits in the pes and four digits in the manus (Dikes, 2015; Mujal & Schoch, 2020), with very rare exceptions of pentadactyly in both limbs only seen in a few derived taxa such as *Metoposaurus krasiejowensis* (Konietzko-Meier et al., 2020).

Considering that recent research demonstrates that tetradactyly was a trait persistently present in the manus of most temnospondyls (Konietzko-Meier et al., 2020), we confidently refer the specimen CFZMt-312 to this group of early tetrapods (Fig. 1C, D). Recent research proposes that some temnospondyls might have impressed their manus much deeper than their pes, depending on the location of their centre of mass of their body (Mujal et al., 2023), which may explain why the handprint from the Matzitzi Formation is preserved in detail.

The presence of temnospondyls in the Upper Paleozoic of the Matzitzi Formation is significant because this record provides key information about the fauna and paleoenvironment of the zone (Fig. 2). Recently, Flores-Barragan and Velasco-de León (2021) suggested that the floristic elements of the Matzitzi Formation indicate that the depositional environment was sub-humid, however, the occurrence of temnospondyls suggests that the paleoenvironment was also warm (Fig. 2), considering that recent research demonstrates that temnospondyls had a strong preference for perennial water sources and warm climates (Liu et al., 2021). Osteological and ichnological remains of temnospondyls are well known for several localities of the Upper Carboniferous, Lower Permian and Late Triassic of Canada and the United States of America (Holmes et al., 1998; Bolt & Chatterjee, 2000; Lucas et al., 2011; Milner & Schoch, 2013; Lucas, 2019); nevertheless, this is the first time that evidence of this group is found in Mexico. Therefore, this represents the southernmost record of temnospondyls in North America, given that all previous southern records are from the south of New Mexico and Texas in the United States (Lucas et al., 2011; Milner & Schoch, 2013).

In relation to the Mexican fossil record, vertebrate fossils from the Paleozoic are quite scarce, and so far, the oldest known vertebrate remains are chondrichthyan teeth from the Late Devonian of Cerro Las Pintas in Sonora (Martínez-Pérez

et al., 2020), and teeth and dermal denticles from the Upper Pennsylvanian and Lower Permian of San Salvador Patlanoaya in Puebla (Sour-Tovar et al., 2000; Derycke-Khatir et al., 2005; González-Rodríguez et al., 2013). Consequently, the handprint from the Matzitzi Formation represents the third oldest record of a vertebrate in Mexico. In addition, this is the earliest record of a tetrapod for Mexico, considering that the subsequent record are ichthyosaur vertebrae from the Late Triassic of Sonora (Lucas & González-León, 1995), while the oldest terrestrial vertebrates before this record were remains of crocodylomorphs, dinosaurs, sphenodontians and mammaliaforms from the Early Jurassic of La Boca Formation in the State of Tamaulipas (Clark et al., 1994). Finally, we expect to carry out new fieldwork at the Matzitzi Formation to search for more vertebrate remains that would help us to understand the paleoecology of this important fossil site of the Paleozoic of Mexico.

Acknowledgments.— This work was funded by the project PAPIIT 115417-2 from the Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) of UNAM. JAH-F was funded by the grant “Estancias Posdoctorales por México” from CONAHCYT, México. We thank Miguel Flores-Barragan for his valuable advice on the Matzitzi Formation, Thomas L. Stubbs for improving the English and Diana S. Guzmán-Madrid for drawing the paleoenvironmental reconstruction used in this work.

CITED LITERATURE

- Aguilera, J.G. 1896. Bosquejo geológico de México: Instituto Geológico de México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 5:125-144.
- Bedoya, A., J.A. Anaya-Guarneros, F. Abdullin, M. Martini & L. Solari. 2021. Provenance analysis of the Matzitzi and Agua de Mezquite formations, southern Mexico: Different fluvial successions formed during late Paleozoic and post-Middle Jurassic time along the southernmost North America Pacific margin. *Journal of South American Earth Sciences*, 105:102999.
- Benton, M.J. 2014. *Vertebrate Palaeontology*. Wiley-Blackwell, Chapman & Hall, London.
- Bolt, J.R. & S. Chatterjee. 2000. A new temnospondyl amphibian from the Late Triassic of Texas. *Journal of Paleontology* 74:670-683.
- Carroll, R.L. 1988. *Vertebrate Paleontology and Evolution*. W.H. Freeman and Company, New York, New York, USA..



- Carroll, R.L. 2009. *The Rise of Amphibians: 365 Million Years of Evolution*. John Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, USA..
- Centeno-García, E., C.C. Mendoza-Rosales & G. Silva-Romo. 2009. Sedimentología de la Formación Matzitzi (Paleozoico superior) y significado de sus componentes volcánicos, región de Los Reyes Metzontla-San Luis Atlotitlán, Estado de Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 26:18-36.
- Clark, J.M., M. Montellano, J.A. Hopson, R. Hernandez & D.E. Fastovsky 1994. An Early or Middle Jurassic tetrapod assemblage from the La Boca formation, northeastern Mexico. Pp. 295–302. In N.C. Fraser & H.D. Sues (Eds.), *In the Shadow of the Dinosaurs*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Derycke-Khatir, C., D. Vachard, J.M. Dégardin, A.F. de Dios, B. Buitrón & M. Hansen. 2005. Late Pennsylvanian and Early Permian chondrichthyan microremains from San Salvador Patlanoaya (Puebla, Mexico). *Geobios* 38:43-55.
- Dilkes, D. 2015. Carpus and tarsus of Temnospondyli. *Vertebrate Anatomy Morphology Palaeontology* 1:51-87.
- Flores-Barragan, M.A. 2019. Las Ginkgophytas de la Formación Matzitzi, implicaciones taxonómicas y ecológicas. Master Thesis. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- Flores-Barragan, M.A. & M.P. Velasco-de León. 2021. New records of *Bjuvia* and *Nilssonina* from the Permian of Mexico. *Paleontologia Electronica* 24:a28.
- Flores-Barragan, M.A., M.P. Velasco-de León & E. Ortega-Chávez. 2021. New genus for megaphyllous leaves from the Upper Paleozoic of Mexico *Velascoa pueblensis* gen. nov. *Journal of South American Earth Sciences* 110:103408.
- Fortuny, J., J. Marcé-Nogué, S. de Esteban-Trivigno, L. Gil & À. Galobart. 2011. Temnospondyli bite club: ecomorphological patterns of the most diverse group of early tetrapods. *Journal of Evolutionary Biology* 24:2040-2054.
- Fortuny, J., J. Marcé-Nogué, J.S. Steyer, S. de Esteban-Trivigno, E. Mujal & L. Gil. 2016. Comparative 3D analyses and palaeoecology of giant early amphibians (Temnospondyli: Stereospondyli). *Scientific Reports* 6:30387.
- González-Rodríguez K.A., L. Espinosa-Arrubarrena & G. González-Barba. 2013. An overview of the Mexican fossil fish record. Pp. 9–34. In G. Arratia, H.P. Schultze & M.V.H. Wilson (Eds.). *Mesozoic Fishes 5. Global Diversity and Evolution*, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München, Deutschland.
- Holmes, R.B., R.L. Carroll & R.R. Reisz. 1998. The first articulated skeleton of *Dendrerpeton acadianum* (Temnospondyli, Dendrerpetontidae) from the Lower Pennsylvanian locality of Joggins, Nova Scotia, and a review of its relationships. *Journal of Vertebrate Paleontology* 18:64-79.
- Konietzko-Meier, D., E.M. Teschner, A. Bodzioch & P.M. Sander. 2020. Pentadactyl manus of the *Metoposaurus krasiejowensis* from the Late Triassic of Poland, the first record of pentadactyly among Temnospondyli. *Journal of Anatomy* 237:1151-1161.
- Liu, J., K.D. Angielczyk & F. Abdala. 2021. Permo-Triassic tetrapods and their climate implications. *Global and Planetary Change* 205:103618.
- Lucas, S.G. 2019. An ichnological perspective on some major events of Paleozoic tetrapod evolution. *Bolletino della Societa Paleontologica Italiana* 58:223-266.
- Lucas, S.G. & C.M. González-León. 1995. Ichthyosaurs from the Upper Triassic of Sonora and the biochronology of Triassic ichthyosaurs. Pp. 17–20. In C. Jacques-Ayala, C.M. González-León & J. Roldán-Quintana (Eds.), *Studies on the Mesozoic of Sonora and Adjacent Areas*. Geological Society of America, Special Papers 301.
- Lucas, S.G., S. Voigt, A.J. Lerner, J.P. MacDonald, J.A. Spielmann & M.D. Celleskey. 2011. The prehistoric trackways national monument, Permian of southern New Mexico, USA. *Ichthyology Newsletter* 28:10-14.
- Martínez-Pérez, C., P. Navas-Parejo, R.A. Lara-Peña, H.G. Ferrón, J. Palafox-Reyes & H. Botella. 2019. Late Devonian (Famennian) Chondrichthyes from Mexico. *Journal of Vertebrate Paleontology* 39:e1764008.
- Martini, M., J.A. Anaya-Guarneros, L. Solari, A. Bedoya, M. Zepeda-Martínez & U. Villanueva-Amadoz. 2022. The Matzitzi Formation in southern Mexico: A record of Pangea final assembly or breakup initiation along inherited suture belts?. *Basin Research* 34:727-747.



- Milner, A.R. & R.R. Schoch. 2013. *Trimerorhachis* (Amphibia: Temnospondyli) from the Lower Permian of Texas and New Mexico: cranial osteology, taxonomy and biostratigraphy. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen* 270:91-128.
- Mujal, E. & R.R. Schoch. 2020. Middle Triassic (Ladinian) amphibian tracks from the Lower Keuper succession of southern Germany: implications for temnospondyl locomotion and track preservation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 543:109625.
- Mujal, E., A. Logghe & L. Marchetti. 2023. Temnospondyl drag traces: locomotion styles, taphonomy and palaeoenvironments. 4th Virtual Palaeontological Congress, May 2023, Virtual, France.
- Silva-Pineda, A. 1970. Plantas del Pensilvánico de la región de Tehuacán, Puebla. *Paleontología Mexicana* 29:1-109.
- Sour-Tovar, F., S.A. Quiroz-Barroso & S.P. Applegate. 2000. Presence of *Helicoprion* (Chondrichthyes, Elasmobranchii) in the Permian Patlanoaya Formation, Puebla, Mexico. *Journal of Paleontology* 74:363-366.
- Velasco-de León, M.P., M.A. Flores-Barragan, E.L. Ortiz-Martínez & D.E. Lozano-Carmona. 2020. Catálogo de nuevos registros de la Paleoflora del Paleozoico Superior de México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- Villanueva-Amadoz, U., M.G. Navarro, M.A. Juncal & J.B. Diez. 2020. Paleobotanical and palynological evidence for the age of the Matzitzi Formation, Mexico. *Comptes Rendus. Géoscience* 352:515-538.
- Wieland, G.R. 1914. La flora Liásica de la Mixteca Alta: México. *Boletín del Instituto Geológico de México* 31:1-165.



DEPREDACIÓN DE *GEOPHIS SEMIDOLIATUS* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) POR *LEPTODEIRA SEPTENTRIONALIS* (SQUAMATA: COLUBRIDAE)

PREDATION OF *GEOPHIS SEMIDOLIATUS* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) BY *LEPTODEIRA SEPTENTRIONALIS* (SQUAMATA: COLUBRIDAE)

Dulce María Castro-Tafolla¹ & Víctor Vásquez-Cruz^{*}

¹Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, camino viejo Peñuela-Amatlán de los Reyes. S/N. C.P. 94950, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.

*Correspondence: victorbiolvc@gmail.com

Received: 2023-12-31. Accepted: 2024-04-11. Published: 2024-05-22.

Editor: Jorge Eufrales Morales, México.

Abstract.— We present the first case of predation of a coral earth snake *Geophis semidoliatus* by a cat-eyed snake *Leptodeira septentrionalis* in the municipality of Atoyac, Veracruz, Mexico. Furthermore, we briefly discuss the implications of this predator-prey interaction.

Keywords.— Diet, opisthoglyphs, predator, snake.

Resumen.— Presentamos el primer caso de depredación de la serpiente minadora coralilla *Geophis semidoliatus* por la serpiente ojo de gato *Leptodeira septentrionalis* en el municipio de Atoyac, Veracruz, México. Además, discutimos brevemente las implicaciones de esta interacción depredador-presa.

Palabras Clave.— Depredador, dieta, opistoglifa, serpiente.

Un factor importante en la evolución de las características de la historia de vida de las especies, es la depredación (Steen et al., 2014). Sin embargo, en algunos grupos biológicos como las serpientes, esta interacción rara vez puede ser presenciada en vida libre, y dado que pocos estudios han confirmado la identidad del depredador y de sus presas por observación directa, se opta por el análisis de heces fecales o del contenido estomacal para los estudios sobre dieta (e.g., Vásquez-Cruz, 2020; Greene & Wiseman, 2023). Las especies de serpientes opistoglifas como *Leptodeira septentrionalis*, muerden y retienen a sus presas por varios minutos, lo que permite la efectiva inoculación de sus venenos (Mori, 1991).

La serpiente ojo de gato, *Leptodeira septentrionalis* (Kennicott, 1859), es una serpiente con amplia distribución desde el sur de Texas en la vertiente Atlántica, hasta el Salvador en el Pacífico y Honduras en el Atlántico (Costa et al., 2022). En México, ocurre en las vertientes del Caribe y del Pacífico, desde zonas costeras en el nivel del mar hasta los 1,500 m s.n.m. (Barrios-Amorós,

2019). De acuerdo a los registros reportados de presas en la dieta de *L. septentrionalis*, se considera que se alimenta principalmente de anfibios (e.g., Aguilar-López et al., 2019), ocasionalmente de otros reptiles (e.g., Heimes, 2016) e inclusive se ha reportado a otras serpientes como presas (*Ninia sebae*, McKelvy et al., 2013).

Geophis semidoliatus se distribuye en elevaciones de entre 500 y 1,500 m s.n.m. a lo largo de las laderas orientales de la sierra Madre Oriental en el centro de Veracruz y regiones adyacentes de Hidalgo, Puebla y Oaxaca (Heimes, 2016). Su dieta se basa en pequeños invertebrados, también existe un registro de depredación de lombrices de tierra e incluso de pequeños vertebrados, *Scincella cherriei* (Arteaga-García et al., 2022). Aquí, describimos el primer caso de depredación de *L. septentrionalis* sobre la serpiente minadora coralilla *G. semidoliatus* en la Región de las Altas Montañas en el centro-oeste del estado de Veracruz, México.



Figure 1. A Cat-eyed snake *Leptodeira septentrionalis* preying a coral earth snake *Geophis semidoliatus*. Photo: Victor Vásquez-Cruz

Figura 1. Serpiente ojo de gato *Leptodeira septentrionalis* depredando una serpiente minadora coralilla *Geophis semidoliatus*. Foto: Victor Vásquez-Cruz

El 27 de septiembre del 2023, alrededor de las 23:50 h, en Atoyac, municipio de Atoyac, Veracruz (18.91892° N, 96.77284° W; WGS84; 475 m.s.n.m), encontramos un individuo, que por su tamaño aparentemente pequeño y grácil consideramos que era un subadulto de *Leptodeira septentrionalis* (Fig. 1) entre escombros de una casa, en un fragmento de selva subperenifolia. Este individuo se desplazaba mientras consumía un individuo aparentemente adulto de *Geophis semidoliatus*, la presa mostraba torceduras en el cuerpo rígidas y solo en la región caudal mostraba poco movimiento. La serpiente *L. septentrionalis* había consumido la cabeza y parte inicial del primer tercio del cuerpo de *G. semidoliatus*. La serpiente al percatarse de nuestra presencia se desplazó hacia los escombros sin soltar a su presa.

La interacción depredador-presa entre *L. septentrionalis* y *G. semidoliatus* representan el segundo caso documentado de depredación por *L. septentrionalis* sobre una serpiente y una especie más de ofidio depredador para *G. semidoliatus* (West et al., 2019; Hernández-González & Vásquez-Cruz, en revisión). Esto es especialmente interesante e importante ya que la serpiente *L. septentrionalis* es considerada un ofidio de hábitos arborícolas, nocturna y depredadora, principalmente, de anfibios (Aguilar-López et al., 2019), que de manera inusual consumió en este caso a *G. semidoliatus*, es una especie terrestre y fosorial (Heimes, 2016). Este registro, junto con el reporte previo de ofiofagia de *L. septentrionalis* sobre la serpiente basurera roja, *Ninia sebae* (McKelvy et al., 2013), sugiere, en primera instancia, hábitos de forrajeo de *L. septentrionalis* en estratos terrestres, y quizá

un ejemplo más de oportunismo en su alimentación. Además, tanto *N. sebae* como *G. semidoliatus* son serpientes consideradas falsas corales, por sus colores rojos y bandas negras, un rasgo que se considera defensivo contra los depredadores ofiófagos (Mouy, 2023), siempre y cuando exista la previa experiencia de consumir presas aposemáticas por parte de los depredadores. Es necesario continuar estudiando los hábitos alimenticios de *L. septentrionalis* para fundamentar sus hábitos alimenticios inusuales que incluyen actividad diurna y depredación de otros ofidios en el sotobosque.

Agradecimientos.– A los revisores anónimos por sus valiosos comentarios. A Melyna García Rosas y a Arleth Reynoso Martínez por sus comentarios en la preparación del manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-López, J.L., L. Ortiz-Lozada, J. Pelayo-Martínez & C.A. Hernández-Jiménez. 2019. Four cases of prey-predator interaction (anuran-snake) through their geographical distribution. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 2:31-34.
- Arteaga-García, S., A.E. Valdenegro-Brito & U.O. García Vázquez. 2022. Primer registro de un vertebrado en la dieta del género *Geophis*. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 5:206-207.
- Barrio-Amorós, C.L. 2019. On the taxonomy of snakes in the genus *Leptodeira*, with an emphasis on Costa Rican species. *IRCF Reptiles & Amphibians* 26:1-15.
- Costa, J.C., R. Graboski, F.G. Grazziotin, H. Zaher, M.T. Rodrigues & A.L.D.C. Prudente. 2022. Reassessing the systematics of *Leptodeira* (Serpentes, Dipsadidae) with emphasis in the South American species. *Zoologica Scripta* 51:415-433.
- Greene H.W. & K.D. Wiseman. 2023. Heavy, Bulky, or Both: What Does “Large Prey” Mean to Snakes?. *Journal of Herpetology* 57:340-366.
- Heimes, P. 2016. *Herpetofauna Mexicana Vol. 1: Snakes of Mexico*. Edition Chimaira, Frankfurt am Main, Germany.
- McKelvy, A.D., A. Figureoa & T.R. Lewis. 2013. First record of ophiophagy in the widely distributed snake *Leptodeira septentrionalis* (Kennicott, 1859) (Ophidia, Colubridae). *Herpetology Notes* 6:177-178.
- Mori, A. 1991. Effects of prey size and type on prey-handling behavior in *Elaphe quadrivirgata*. *Journal of Herpetology* 25:160-166.
- Mouy, H. 2023. The function of red and banded patterns in snakes: the ophiophagy hypothesis. *Biological Journal of the Linnean Society* 153:1-22.
- Steen, D.A., C.J.W. McClure, W.B. Sutton, D.C. Rudolph, J.B. Pierce, J.R. Lee, L.L. Smith, B.B. Gregory, D.L. Baxley, D.J. Stevenson & C. Guyer. 2014. Copperheads are common where kingsnakes are not: relationships between the abundances of a predator and one of their prey. *Herpetologica* 70:69-76.
- Vásquez-Cruz, V. 2020. New prey records for the Atlantic Central American Milksnake *Lampropeltis polyzona* (Serpentes: Colubridae). *Phyllomedusa* 19:107-111.
- West, T.R., T.D. Schramer, Y. Kalki & D. Wylie. 2019. Dietary notes on the variable coral snake, *Micrurus diastema* (Duméril, Bibron & Duméril, 1854). *Bulletin of the Chicago Herpetological Society* 54:4-8.



ESTIMACIÓN DE RIESGOS APLICADA A UNA POBLACIÓN DE SERPIENTES DE CASCABEL (*CROTALUS AQUILUS*) EXPUESTA A METALES DE INTERÉS TOXICOLÓGICO EN LA COMARCA MINERA, HIDALGO, MÉXICO

RISK ESTIMATION APPLIED TO A POPULATION OF RATTLESNAKES (*CROTALUS AQUILUS*) EXPOSED TO METALS OF TOXICOLOGICAL INTEREST IN THE MINING REGION, HIDALGO, MEXICO

Arnold Ibarra-Bautista¹, Juan Carlos Gaytán-Oyarzún^{*}, Leonardo Fernández-Badillo¹, Griselda Pulido-Flores¹, Maritza López-Herrera¹ & Gabriela Marisol Vázquez-Cuevas¹

¹Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5, Carboneras, 42184 Pachuca de Soto, Hidalgo, México.

*Correspondencia: jcgaytan@uaeh.edu.mx

Received: 2023-08-25. Accepted: 2024-03-21. Published: 2024-05-22.

Editor: Itzcoatl Maldonado Reséndiz, México.

Abstract.— Snakes, in general, are organisms that are especially vulnerable to contamination by Metals of Toxicological Interest (MTI), since they have a series of their own characteristics that make them prone to bioaccumulation and biomagnification of contaminants. However, their inclusion in toxicological studies is still scarce. On the other hand, the soils of the Mining Region, Hidalgo, may present MTI contamination due to its long history of mineral extraction, a situation that may compromise the health of the area's ecosystems along with its biota. Given the previous knowledge of a population of *Crotalus aquilus* distributed within the Pachuca-Actopan mining region, the present evaluation characterized the area of interest and the presence of the species. The hazard was characterized by determining the presence of MTI associated with mining processes in the area (Cd, Pb and Hg). Subsequently, the magnitude of the ecological risk was determined using the environmental hazard quotient (CF), the ecological risk index (ER) and the cumulative ecological risk index (RI). Similarly, the risk of effective exposure of the *C. aquilus* population was estimated using the indirect dietary exposure index (IED), the chronic intake index (CDI) and the health risk index (HQ).

Keywords.— Ecotoxicology, heavy metals, snakes, Viperidae.

Resumen.— Las serpientes, son organismos especialmente vulnerables a la contaminación por Metales de Interés Toxicológico (MIT), ya que poseen una serie de características que las hacen propensas a la bioacumulación y biomagnificación de los contaminantes. Sin embargo, su inclusión en trabajos toxicológicos sigue siendo escasa, lo que dificulta el entendimiento sobre las afecciones que estos contaminantes puedan tener sobre las poblaciones de estos animales. Por otro lado, los suelos de la Comarca Minera, Hidalgo, pueden presentar contaminación por MIT debido a su largo historial de extracción mineral, situación que puede comprometer la salud de los ecosistemas de la zona. Debido al conocimiento previo de una población de *Crotalus aquilus* distribuida dentro de la región minera Pachuca-Actopan, se aplicó la presente evaluación. Donde se caracterizó la zona de interés y se identificó la presencia de la especie en la misma. Se caracterizó el peligro determinando la presencia de los MIT asociados a procesos mineros en la zona (Cd, Pb y Hg). Posteriormente, se determinó la magnitud del riesgo ecológico mediante el cociente de peligro ambiental (CF), el índice de riesgo ecológico (ER) y el índice de riesgo ecológico acumulativo (RI). De igual forma, se estimó el riesgo de exposición de



la población de *C. aquilus* mediante el índice de exposición indirecta por la dieta (IED), el índice de ingesta crónica (CDI) el índice de exposición crónica (HQ), el índice acumulativo de exposición crónica.

Palabras clave.– Ecotoxicología, metales pesados, serpientes, Viperidae.

INTRODUCCIÓN

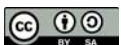
Actualmente, la salud de los ecosistemas es un tema de interés mundial, pues diversas actividades humanas promueven la liberación de contaminantes en el ambiente, comprometiendo no solo la salud del mismo, sino también la salud pública (Mendoza-Vázquez et al., 2022). Los metales de interés toxicológico, también conocidos como MIT, son contaminantes ambientales de gran importancia debido a su elevada toxicidad, persistencia ambiental, biodisponibilidad, capacidad de bioacumularse e incluso de biomagnificarse a través de redes tróficas.

Estos elementos, aunque existen de manera natural en el ambiente y aun cuando algunos de estos son incorporados en cantidades traza como micronutrientes de algunos organismos, pueden llegar a acumularse en altos niveles, ocasionando intoxicaciones. El riesgo de intoxicación está determinado por la concentración y la biodisponibilidad de los MIT, dos factores que se ven directamente influenciados por acciones antropogénicas de tipo industrial como la minería (Horne & Dunson, 1995). La Comarca Minera, es una de las 10 regiones geoculturales del estado de Hidalgo; comprende los municipios de Atotonilco el Grande, Huasca de Ocampo, Mineral del Chico, Pachuca de Soto, Mineral de la Reforma, Mineral del Monte, Epazoyucan y Omitlán de Juárez y debe su nombre al extenso historial minero, el cual data de más de 500 años de extracción mineral, caracterizándose por la extracción de plata (Ag), oro (Au) y plomo (Pb) principalmente (SGM, 2018). Esta misma situación ha propiciado la contaminación por MIT en los suelos de la zona, siendo cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb) los residuos mineros de mayor interés toxicológico debido a su potencial tóxico (Hernández et al., 2009; Fonseca, 2018).

Por otro lado, México es el país con mayor diversidad de serpientes y el que alberga la mayor riqueza de serpientes de cascabel, con aproximadamente 46 especies (Fernández-Badillo et al., 2021; Uetz, 2021), de las cuales ocho están presentes en el estado de Hidalgo (Fernández-Badillo et al., 2017). *Crotalus aquilus* (Klauber, 1952) es una víbora de cascabel endémica al país que está distribuida ampliamente en Hidalgo, abarcando casi todas las zonas áridas y templadas del estado, siendo especialmente abundante en algunas regiones del centro, como es la Comarca Minera (Fernández-Badillo et al., 2011; 2017).

La presencia de contaminantes como los MIT en el ecosistema supone una situación de riesgo para las diferentes poblaciones de animales de la zona, dadas las características toxicológicas de estos contaminantes antes mencionadas. El término estimación de riesgos se refiere al uso de datos existentes para definir la probabilidad de que se presenten efectos potencialmente adversos a la salud de la población evaluada (Reyes & Almeida, 1992). Las metodologías de evaluación de riesgos son herramientas que permiten al evaluador, estimar el riesgo ante una situación de exposición a algún agente químico peligroso (AQP) como son los MIT, para después, tomar decisiones de manera pronta, con un sustento científico (Gaytán-Oyarzún & López-Herrera, 2019).

Las serpientes son un grupo de vertebrados especialmente vulnerables a la contaminación por MIT, debido a su comportamiento y hábitos alimenticios, los periodos de exposición que tienen hacia los contaminantes pueden llegar a ser sumamente prolongados, facilitando el ingreso de los MIT a los organismos y reteniéndolos en diferentes estructuras y tejidos en un fenómeno conocido como bioacumulación. De igual forma, al incorporar en sus dietas una gran diversidad de presas igualmente expuestas, puede generarse un fenómeno aditivo en las concentraciones de MIT que ingresan a las serpientes dando lugar a otro fenómeno conocido como biomagnificación, lo que puede comprometer la salud de los organismos (Hopkins, 2000; Egea-Serrano & Ortiz-Santaliestra, 2013; Quesada et al., 2014; Hazrat & Ezzat 2019). Pese a la importancia ecológica que poseen las serpientes y su vulnerabilidad ante la contaminación, la información que respecta al área de ecotoxicología en este grupo de reptiles es escasa; pues menos del 0.8% del total de trabajos ecotoxicológicos realizados en vertebrados a nivel mundial corresponde a serpientes (Egea-Serrano & Ortiz-Santaliestra, 2013). Teniendo en cuenta la importancia de estos vertebrados, la escasez de trabajos en ecotoxicología de serpientes y la contaminación causada por la actividad minera de dicha región, el objetivo del presente estudio fue llevar a cabo una estimación de riesgos aplicada a una población de *C. aquilus* presente en una zona de bosque de la Comarca Minera, con el fin de poder sustentar futuros criterios de investigación.



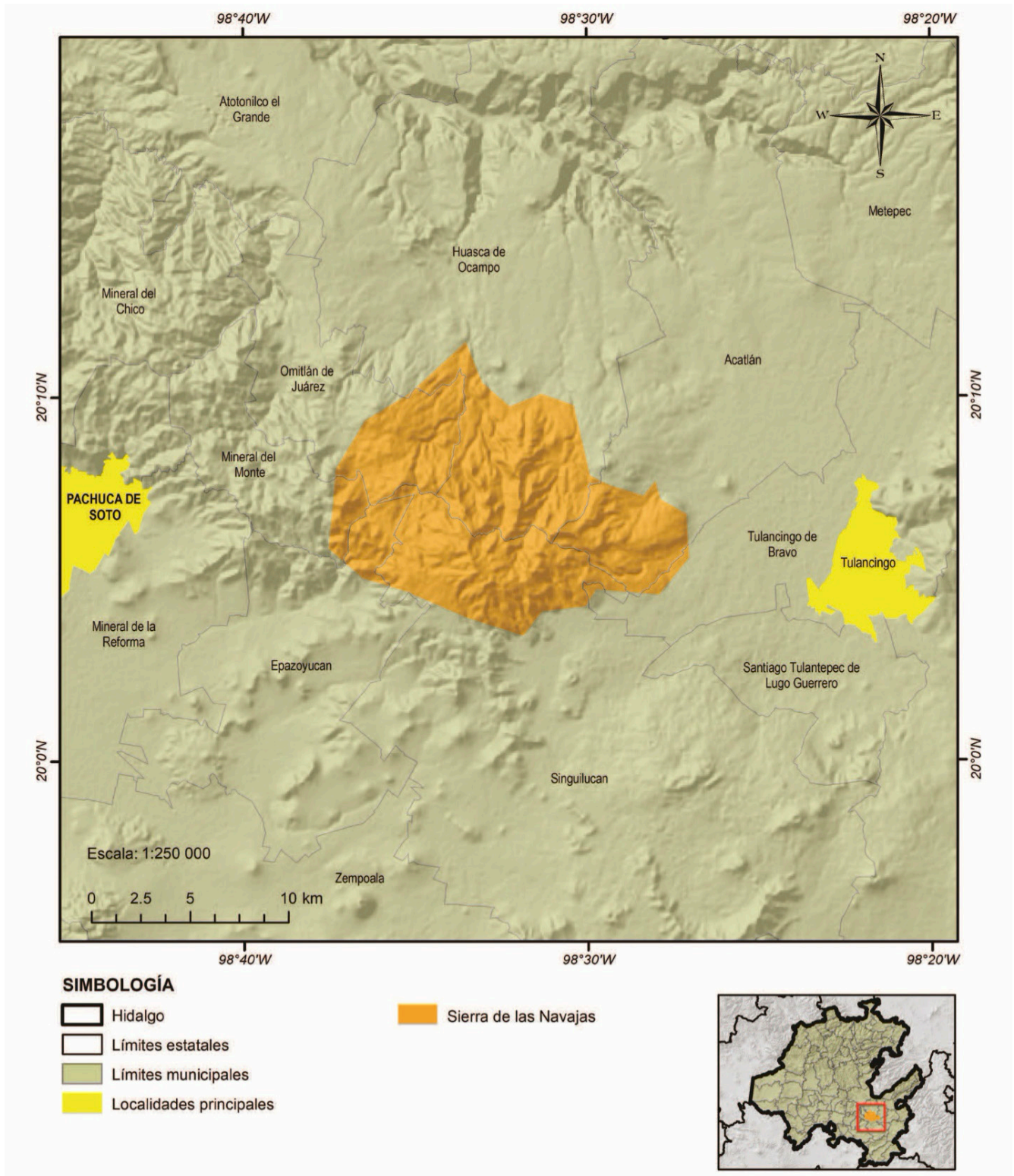


Figure 1. Sierra de Las Navajas in the state of Hidalgo, México. Taken from Olvera-Olvera et al. (2021).

Figura 1. Sierra de Las Navajas en el estado de Hidalgo, México. Tomado de Olvera-Olvera et al. (2021).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El presente estudio se realizó con una población de *C. aquilus* ubicada en el ejido El Guajolote, en la sierra de las Navajas; localizado entre las coordenadas 21.20972° N y 98.58452° W, que incluye a los municipios de Epazoyucan y Omitlán de Juárez, dentro de la Comarca Minera, Hidalgo (Fig. 1). La zona presenta un intervalo altitudinal de 2,600 a 3,200 m s.n.m. El clima de esta región es templado, con una vegetación compuesta principalmente por bosques de coníferas, bosques de encino, áreas de matorral xerófilo y pastizales (Fernández-Badillo et al., 2011; Olvera-Olvera et al., 2021).

Descripción del taxón de estudio

Crotalus aquilus (Klauber, 1952) es una víbora de cascabel de montaña, endémica de México (Fig. 2); de talla mediana, la cual no sobrepasa los 80 cm de longitud (Hiemes, 2016; Fernández-Badillo et al., 2017; Uetz, 2021). Presenta un patrón de coloración conformado por manchas dorsales con forma cuadrada y/o rectangular, generalmente más oscuras que el resto del cuerpo. La coloración corporal varía entre colores marrón, café y verde, siendo las hembras usualmente más oscuras que los machos (Campbell & Lamar, 2004; Fernández-Badillo et al., 2011; Heimes, 2016). En cuanto a la escutelación, distintos autores (Campbell & Lamar, 2004; Heimes, 2016) mencionan que presenta 12 escamas supralabiales en promedio, curvatura de la escama prenasal bajo la postnasal, con dos a tres escamas internasales, y un cascabel que presenta 10 escamas en su base. La escama rostral es generalmente más ancha que alta, la escama prenasal

se curva debajo de la postnasal, la escama subocular anterior está en contacto con la cuarta y quinta escamas supralabiales, las escamas preoculares son generalmente dos, y la superior esta frecuentemente dividida verticalmente. Posee de dos a tres escamas internasales grandes y en contacto. Generalmente con presencia de dos escamas cantales, una a cada lado; de 0 a 4 escamas intercantales; de 5 a 10 escamas en la región internasal-prefrontal y de 2 a 5 intersupraoculares. Posee escama loreal a cada lado; con 11 a 13 escamas supralabiales y 10 a 12 infralabiales; con 142 a 164 escamas ventrales; 17 a 30 escamas subcaudales y el cascabel delimitado por 10 escamas (Fig. 3).

En cuanto a sus hábitos alimenticios; *C. aquilus* posee una dieta sumamente diversa, alimentándose de pequeños invertebrados, ranas, salamandras y lagartijas generalmente del género *Sceloporus*; pequeños mamíferos de los géneros *Microtus*, *Peromyscus* y *Sylvilagus*; aves de la especie *Haemorhous mexicanus*, así como serpientes de los géneros *Pituophis*, *Thamnophis* y de ejemplares de su misma especie (Klauber, 1972; Mociño-Deloya et al., 2008; Rebón-Gallardo et al., 2015).

Obtención de datos ecológicos de *Crotalus aquilus*

Se realizó una búsqueda bibliográfica estratificada y dirigida, sobre trabajos referentes a *C. aquilus*, con los cuales se pudieran obtener datos que permitieran estimar la tasa de ingesta, peso promedio de adultos y sub-adultos y el promedio de vida. Para la determinación de estos parámetros, se tomó en cuenta cualquier trabajo realizado con *C. aquilus*, en donde se describiera su tipo de dieta, longevidad, hábitos y medidas morfométricas. Se emplearon los motores de búsqueda: Springer Link, Scopus,

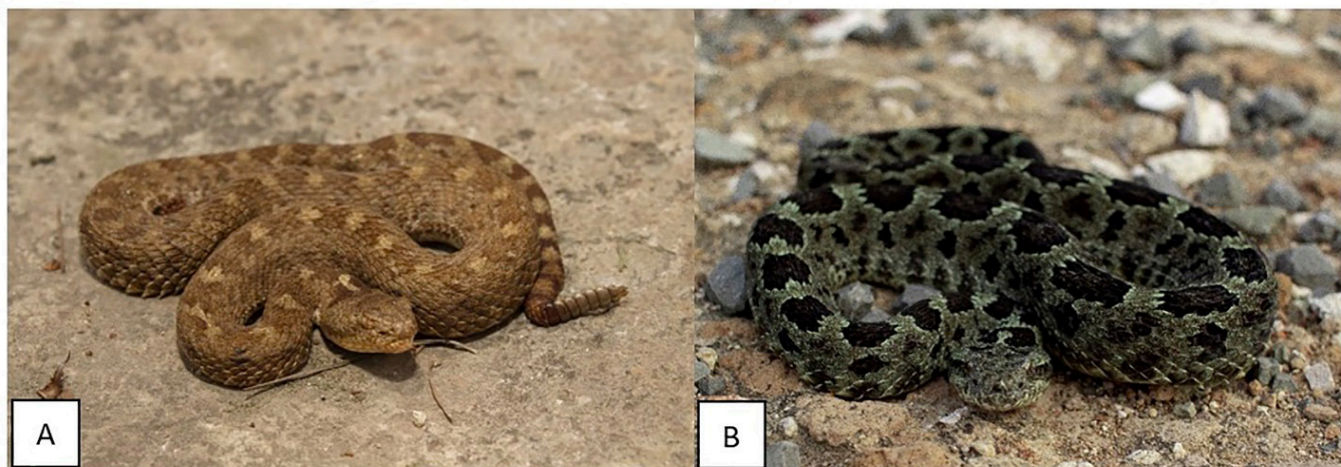


Figure 2. A male (A) and a Female (B) individual of *Crotalus aquilus*. Photos: Felipe Cerón Mejorada

Figura 2. Ejemplares de *Crotalus aquilus* (A) hembra (B) macho. Fotos: Felipe Cerón Mejorada

Table 1. Ecological parameters of *Crotalus aquilus* estimated based on the available literature: Average longevity expressed in years, weight in adults and subadults expressed in g and food consumption expressed in grams per day (g/day).

Tabla 1. Parámetros ecológicos de *Crotalus aquilus* estimados con base en la bibliografía disponible: Promedio de longevidad expresado en años, el peso en adultos y sub-adultos expresado en g y el consumo alimenticio expresado en gramos por día (g/día).

| Parámetro | promedio | Intervalo basado en fuentes |
|-------------------------------|---------------|-----------------------------|
| Longevidad | 25.16 ± 6.24 | 19-35 |
| Peso en adultos y sub-adultos | 72.77 ± 33.68 | 31-176 |
| Consumo alimenticio | 3.96 | N/A |

Scielo y Google académico; utilizando las palabras claves: *Crotalus aquilus*, *Crotalus*, Complejo Triseriatus, Dieta, Ecología, Historia de vida, Viperidae y Serpentes; sin restricción en los años y en idiomas inglés, español y portugués. También se recurrió a la consulta de fuentes bibliográficas descriptivas de la especie como Klauber (1972), Campbell & Lamar (2004) y Heimes (2016).

Debido a la escases de trabajos sobre la especie, los datos requeridos para el análisis de los indicadores son limitados, por lo que se consideró realizar estimaciones sobre la longevidad de las serpientes, peso promedio y promedio de consumo alimenticio con base en la metodología sugerida por Lema et al. (2010) para el análisis de riesgos, para la posterior realización de los cálculos de los indicadores de riesgos. Ya que no se encontraron datos precisos sobre la longevidad de *C. aquilus*, se estimó un promedio de longevidad con base en el trabajo de Martínez (2017), quien muestra los promedios de vida de diferentes especies de serpientes comercializadas en México; lo reportado en la National Wild Federation respecto a la esperanza de vida de las serpientes de cascabel y lo reportado por Klemens (1993), que menciona un promedio de vida general para las serpientes de cascabel de Connecticut. Si el promedio de longevidad es menor al tiempo de vida media de los MIT, se puede evaluar el índice de ingesta crónica o CDI por sus siglas en inglés de acuerdo con la ATSDR (2005).

El promedio de peso de adultos y sub-adultos se estimó según lo reportado por y Mociño-Deloya (2015) y Mociño-Deloya et al. (2014). Posteriormente este dato fue utilizado en el cálculo del CDI. Finalmente, el promedio de consumo alimenticio se estimó partiendo de los trabajos de Arnaud (2015), Campbell & Lamar (2004), SEMARNAT (2018), Fernández-Badillo et al. (2011), Fernández-Badillo et al. (2012), Fernández-Badillo et al. (2017),

Lazcano et al. (2009), Mociño-Deloya et al. (2008), Mociño-Deloya et al. (2014), Mociño-Deloya (2015), Ramírez-Bautista (2009) y Ramírez-Bautista (2014). Estos datos fueron empleados para estimar la exposición indirecta mediante la dieta o IED por sus siglas en inglés, así como para el cálculo de la tasa de ingesta dentro de la evaluación del CDI.

Particularmente, para el promedio de consumo alimenticio, fue necesario profundizar más en lo reportado por Mociño-Deloya (2015), pues su trabajo fue el más descriptivo respecto a la dieta de la especie. Posteriormente, se cotejó el listado generado, con los trabajos de Hernández-Flores & Rojas-Martínez (2010) y Olvera-Olvera et al. (2021) para cotejar la lista de presas potenciales de *C. aquilus* con la biodiversidad propia de la zona. Fue entonces que, a partir de esta investigación, se estimaron los pesos promedios de las presas reportadas de *C. aquilus* (Tabla 2).

Finalmente, ya que la tasa de ingesta debe estimarse como consumo alimenticio por día; al no contar con un reporte sobre la frecuencia alimenticia de serpientes en estado silvestre, se consideró la frecuencia de alimentación de serpientes en condiciones experimentales en cautiverio. De modo que, se realizó el cálculo del promedio de consumo por semana, basados en lo reportado por Lazcano et al. (2009) quien realizó un trabajo sobre el tiempo de deglución de *C. aquilus*, para finalmente convertir ese promedio semanal en un promedio de consumo por día.

Determinación de los MIT en la zona de estudio

Para la realización de una estimación de riesgos, es necesario caracterizar el peligro de la zona, es decir, determinar la presencia del contaminante de interés en la zona de estudio. Para ellos se analizó una muestra de suelo de la zona de interés, de tipo compuesta, mediante espectroscopía de plasma acoplado

Table 2. Average weights (g) of prey consumed by *Crotalus aquilus* and the average food consumption per day estimated for the species (g).**Tabla 2.** Pesos promedio (g) de presas consumidas por *Crotalus aquilus* y el promedio de consumo alimenticio por día estimado para la especie (g).

| Presa | Peso promedio | Fuente |
|--|---------------|-------------------------|
| | Reptiles | |
| <i>Barisia imbricata</i> | 24 | Brito, 2014 |
| <i>Sceloporus spp.</i> | 20.1 | Álvarez et al., 2016 |
| <i>Thamnophis spp.</i> | 15.1 | Luja et al., 2013 |
| <i>Pituophis deppei</i> | 54.80 | Borrayo 1990 |
| <i>Crotalus aquilus</i> | 32.91 | Lazcano et al., 2009 |
| | Mamíferos | |
| <i>Sylvilagus spp</i> | 50.175 | Martínez, 2015 |
| <i>Microtus mexicanus</i> | 24.25 | Hernández-Flores, 2010 |
| <i>Baiomys taylori</i> | 7.75 | Garduño, 2005 |
| <i>Peromyscus maniculatus</i> | 24.55 | Garduño, 2005 |
| <i>Reithrodontomys spp</i> | 24.61 | Velásquez, 2019 |
| | Aves | |
| <i>Tachycineta spp</i> | 17.84 | Liljestrom, 2011 |
| <i>Empidonax fulvifrons</i> | 13.03 | William y Russell, 1953 |
| <i>Cyrtonyx montezumae</i> | 51.56 | López, 2015 |
| Promedio total de consumo | 27.74 | |
| Promedio por día durante una semana | 3.96 | |

inductivamente (ICP) para confirmar la presencia de Cd, Pb y Hg y determinar su concentración (Fonseca, 2018).

Recolecta y análisis de la muestra de suelo

La toma de muestras de suelo se efectuó siguiendo el protocolo establecido en la Norma Mexicana NMX-AA-132-SCFI-2016, que establece los parámetros para el muestreo de suelos para la identificación y cuantificación de metales y metaloides, y el manejo de las muestras. Se realizó un muestreo de tipo exploratorio en el área de estudio. Este tipo de muestreo tiene como objetivo obtener muestras de suelo representativas para establecer la presencia de contaminación (NMX-AA-132-SCFI-2016).

Se recolectaron un total de 10 muestras simples, de 1 Kg cada una, para formar una sola muestra compuesta del área de estudio, de acuerdo con la norma NMX-AA-132-SCFI-2016

(Fig. 4). El número de muestras se estableció atendiendo a lo recomendado para el estudio de sistemas naturales, debido a que dicha cantidad se considera suficiente para observar patrones en el comportamiento de la variable, al mismo tiempo que posee el suficiente sustento estadístico que respalde dicho comportamiento (Gotelli & Edison, 2004).

Se aplicó el método de muestreo dirigido, el cual menciona que la selección de la localización de los puntos de muestreo se debe basar en el conocimiento de la causa de la contaminación, por lo que se requiere tener conocimientos físicos o históricos seguros del sitio en el que se pretende trabajar, lo cual es ideal para muestreos rápidos y de bajo presupuesto (NMX-AA-132-SCFI-2016). Atendiendo lo anterior, las muestras de suelo se tomaron de manera superficial, con una profundidad de muestreo de 0 a 5 cm a partir de la superficie (NMX-AA-132-SCFI-2016).

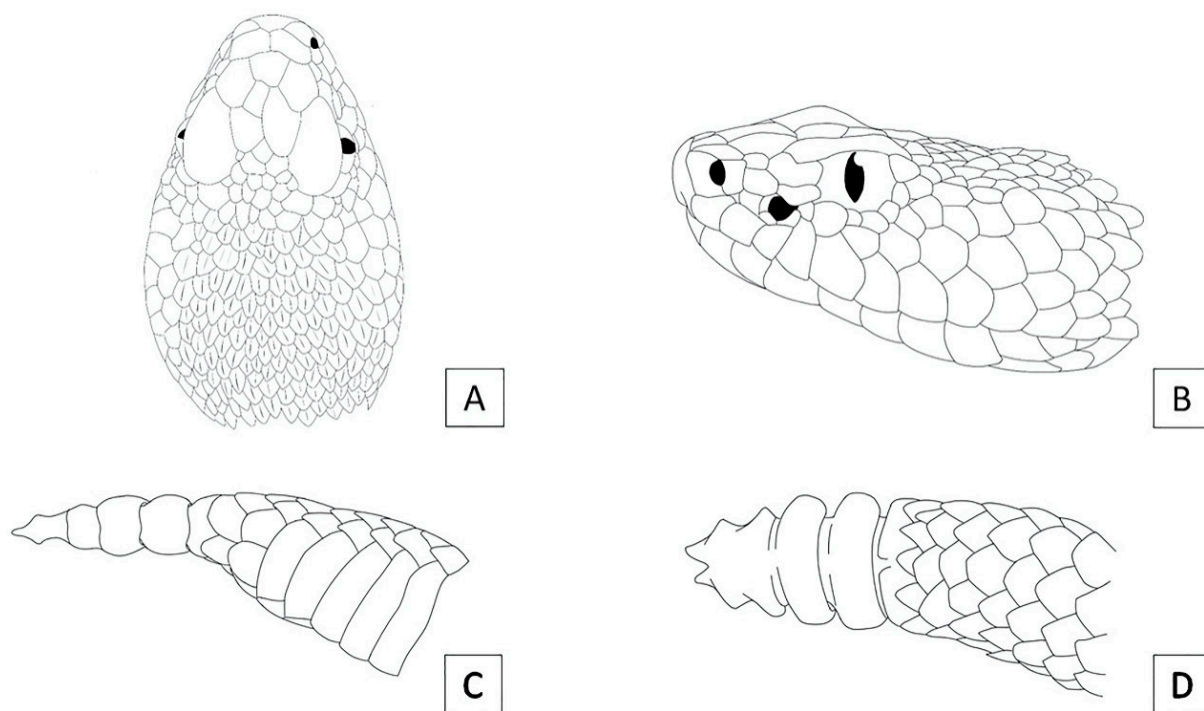


Figure 3. Scutellation of *Crotalus aquilus*. A) dorsal view of the head, B) lateral view of the head, C) ventral view of the rattle, and D) lateral view of the rattle. Drawings: Pablo Jesús Salvador Morales.

Figura 3. Escutelación de *Crotalus aquilus*. A) vista dorsal de la cabeza, B) vista lateral de la cabeza, C) vista ventral del cascabel, D) vista lateral del cascabel. Dibujos: Pablo Jesús Salvador Morales.

Para el traslado de las muestras de suelo al laboratorio, se continuó atendiendo a lo recomendado por la Norma Mexicana NMX-AA-132-SCFI-2016, apartado 6, página 18, que establece el manejo y control de muestras. La muestra compuesta fue digerida mediante el método 3051A de digestión ácida asistida por microondas (USEPA, 2007).

La digestión ácida de la muestra de suelo se realizó utilizando un horno de microondas MARSX. En una balanza analítica, se pesaron 0.2 g de suelo, posteriormente se depositaron en vasos de propileno para microondas a los cuales se les agregó 5 ml de ácido nítrico (HNO₃). Posteriormente se realizó la digestión ácida bajo las condiciones establecidas en el método 3051A de la USEPA. Al término de la digestión, la muestra resultante fue aforada a 50 ml con agua desionizada para su posterior lectura (USEPA, 2007). Finalmente, las muestras de suelo se analizaron mediante la técnica de espectroscopía de plasma acoplado inductivamente (ICP) Utilizando un equipo Perkin Elmer, Mod. Optima 8300, USA (Fonseca, 2018).

Riesgo ecológico

A partir de los resultados obtenidos mediante la química analítica del suelo, se estimó el riesgo ecológico de los MIT mediante el método recomendado por el CEPIS/OPS (2005) y Lu et al. (2015). Se inició por el cálculo del Cociente de peligro ambiental (CF) mediante la siguiente ecuación: $CF = CEXP / CREF$

Donde CEXP corresponde a la concentración de exposición reportada en no más de un año, en este caso, a las concentraciones obtenidas mediante el análisis de suelo y CREF a la concentración de referencia establecida como límite máximo permitido, en este caso, obtenido de la Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT-SSA1-2004, que establece los criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por Ag, As, Ba, Br, Cd, Cr (VI), Hg, Ni, Pb, Se, Tl y/o V (CEPIS/OPS, 2005; González-Mille et al., 2010; Latif & Yong, 2014; Lu et al., 2015). A partir del valor obtenido de CF, se determinó el Índice de riesgo ecológico potencial (ER) mediante la siguiente ecuación:

$$ER = TR \times CF$$

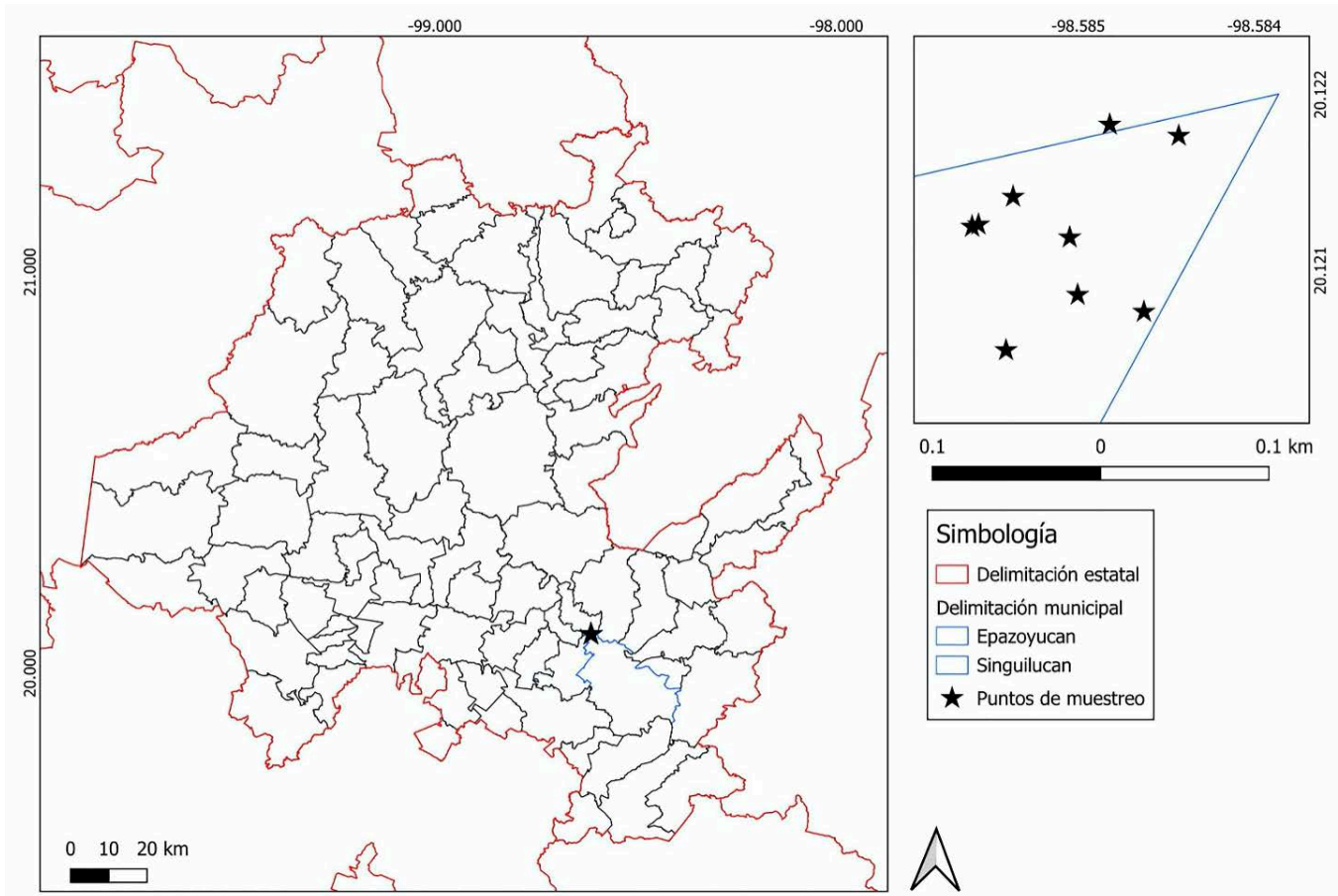


Figure 4. Sampling points to determine the presence of soil contaminants. / **Figura 4.** Puntos de muestreo para determinar la presencia de contaminantes de suelo.

Donde TR es el índice de respuesta a la toxicidad de un metal pesado, que, con base en los criterios establecidos por Hakanson (1980), Hamid & Payandeh (2022) y Nozari et al. (2023) los valores de TR para Cd, Pb y Hg son 30, 5 y 40 respectivamente. El valor de ER expresa el riesgo ecológico potencial de cada MIT en una clasificación de cinco niveles: $ER \leq 40$, riesgo bajo; $ER > 40$ pero < 80 , riesgo medio; $ER > 80$, pero < 160 , riesgo significativo; $ER > 160$ pero < 320 , riesgo alto; y $ER \geq 320$, riesgo muy alto (Hakanson, 1980; Hamid & Payandeh, 2022; Nozari et al., 2023)

Finalmente, debido a la múltiple presencia de MIT en la zona de estudio, se calculó el índice de riesgo ecológico acumulativo (RI) que es la suma de los ER calculados para cada MIT. Para su interpretación, se consideran como riesgo ecológico bajo si $RI \leq 150$, moderado si $RI \leq 300$, alto si $RI \leq 600$ y muy alto si $RI \geq 600$ (García-Reynoso et al., 2007; Hamid & Payandeh, 2022).

Riesgo de exposición

En toxicología, la evaluación de la exposición se refiere al cálculo de la probabilidad de que los contaminantes ingresen a los sistemas biológicos y que, dadas sus características toxicológicas, estos puedan causar algún efecto negativo en la salud. Para evaluar el riesgo de exposición, primero se estimó la probabilidad de exposición indirecta mediante la dieta (IED), la cual es determinada a través del número de especies que conforman la dieta de la población de estudio y que además están presentes en la matriz donde se ha identificado la presencia del contaminante.

El indicador, según Delgadillo-Ubaldo & Longar-Blanco (2008) no toma en cuenta las concentraciones de contaminantes acumulados en las especies o géneros asociados a la dieta de la población a evaluar, más bien, se basa en el supuesto de que los taxones se han encontrado constantemente expuestos a los xenobióticos, pudiendo ser considerados como posibles

medios de transferencia de dichos contaminantes. Por lo tanto, se considera que: a mayor número de especies asociadas a la dieta, mayor será la probabilidad de una exposición efectiva (Delgadillo-Ubaldo & Longar-Blanco, 2008). Se considera exposición indirecta alta, media alta, media y baja si existen > 4 especies, 3 especies, 2 especies y 1 especie, respectivamente (Delgadillo-Ubaldo & Longar-Blanco, 2008).

De igual forma, se estimó el índice de ingesta crónica (CDI) mediante la ecuación:

$$CDI = (CEXP \times IR) / (BW)$$

Donde: IR es la tasa de ingesta expresada en mg y BW es el peso corporal del individuo expresado también en mg. Este indicador permite al evaluador estimar la probabilidad de que se presenten efectos adversos mediante la ingesta crónica de alimentos probablemente contaminados. Se considera un riesgo alto, medio-alto, medio y bajo si el CDI calculado es $\geq n \times 10^{-3}$, $n \times 10^{-4}$, $n \times 10^{-5}$ y $\leq n \times 10^{-6}$ respectivamente (ATSDR, 2005; CEPIS/OPS, 2005; Kazemi et al., 2022).

También se realizó la estimación del índice de exposición crónica (HQ), el cual busca establecer el riesgo de una exposición prolongada, al comparar el índice de ingesta crónica contra una dosis de referencia, mediante la ecuación:

$$HQ = CDI / RfD$$

Donde: RfD se refiere a la dosis de referencia consultada. Para ello, fue necesario estimar RfD para esta especie de reptiles, puesto que las disponibles en las bases de datos de la Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades (ATSDR) y del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del ambiente/Organización Panamericana de la Salud CEPIS/OPS son RfD calculadas para salud humana y/o para animales de experimentación.

Para estimar estas nuevas RfD, se siguió lo recomendado por Lema et al. (2010) utilizando los factores de incertidumbre designados por la USEPA para diferentes cálculos en la estimación de riesgos, mismos que son aplicados en la determinación de las RfD. Dichos factores de incertidumbre son supuestos a los que se les agregan valores numéricos.

De estos factores de incertidumbre, los autores mencionan el factor UFh, que es utilizado en la extrapolación de datos de animales a humanos y al cual se le asigna un valor constante de 10; y el factor MF, que se considera cuando la evidencia no es

suficiente o resulta conflictiva. A este factor de incertidumbre se le pueden agregar valores de entre 1 y 10 con base en el juicio subjetivo del investigador sobre la evidencia disponible, siendo 1 el valor que refleja la menor incertidumbre y 10 el valor de mayor incertidumbre.

Dado que los datos sobre el promedio de vida, peso promedio y consumo alimenticio de las serpientes, fueron datos estimados a partir de trabajos existentes con la especie y otras especies de serpientes, se asignó un valor de cinco al factor MF, mismo que refleja la escasez de datos puntuales sobre la especie. Posteriormente, estos factores de incertidumbre fueron multiplicados a las RfD calculadas de la base de datos Integrated Risk Information System (IRIS) de la EPA, obteniendo las RfD aplicables para *C. aquilus*.

Para la interpretación de los resultados, la ATSDR y el CEPIS/OPS mencionan que: cuando se obtiene un valor de uno o menor en el cálculo de HQ, se está en o por debajo de las dosis establecidas por diferentes agencias como límites seguros. Sin embargo, si el valor crece progresivamente sobre uno, significa que la exposición local está incrementándose a niveles peligrosos, aumentando la probabilidad de una exposición efectiva (ATSDR, 2005; CEPIS/OPS, 2005).

Con la aplicación de los factores de incertidumbre UFh y MF; los valores obtenidos en el cálculo fueron ajustados para su interpretación de acuerdo con la ATSDR y el CEPIS/OPS. Sin la aplicación de los factores de incertidumbre, los valores resultantes son extremadamente elevados y no pueden ser interpretados de acuerdo con las ponderaciones dadas por las agencias sanitarias.

Finalmente, los valores de HQ fueron sumados para la obtención del índice de exposición crónica acumulado (HI), el cual debe considerarse cuando exista la múltiple presencia de MIT en la misma zona de interés. Este último indicador considera un riesgo de exposición alto, medio-alto, medio y bajo si los valores de la suma de HQ son ≥ 4 , 2-3, 1 y <1 respectivamente (García-Reynoso et al., 2007).

RESULTADOS

Obtención de datos ecológicos y de la historia de *C. aquilus*

Se consultaron un total de 14 trabajos (siete libros, dos tesis, una nota científica y cuatro artículos) en un periodo de dos meses, con los cuales se estimaron los promedios que se muestran en la tabla 1.

Estimación del riesgo ecológico

Se detectó y cuantificó la presencia de Cd, Hg y Pb en el suelo de la zona de estudio, lo que permitió calcular el CF de los 3 MIT (Tabla 3). Una vez obtenido el CF se realizó el cálculo para la determinación del ER, el cual mostró valores por debajo de 40 para los tres MIT evaluados (Tabla 3). Estos valores, según lo referido por los autores Hakanson (1980) y Hamid & Payandeh (2022), llevan a considerar que las concentraciones de MIT presentes en el suelo de la zona de interés no representan un riesgo ecológico significativo.

Finalmente, los valores obtenidos del ER de cada uno de los MIT, se sumaron para conocer el RI; obteniendo resultados por debajo de 150, lo cual, con base en los criterios establecidos, sugiere nuevamente un riesgo ecológico bajo, incluso, pese a la múltiple presencia de los contaminantes (Tabla 3).

Estimación del riesgo de exposición

Los resultados obtenidos acerca de la dieta de *C. aquilus* incluyen 13 géneros diferentes, los cuales están presentes en su totalidad en el área de estudio, de acuerdo con lo revisado en Hernández-Flores & Rojas-Martínez (2010) y Olvera-Olvera et al. (2021). Según los autores Delgadillo-Ubaldo & Longar-Blanco (2008) este número de géneros asociados a la dieta de *C. aquilus* podrían suponer niveles de exposición indirecta peligrosamente altos para la población de estudio, aumentando la probabilidad de una exposición efectiva.

Table 3. Values obtained from: the concentration of MIT in soil expressed in mg/Kg (CEXP), the reference concentration obtained from NOM-147-SEMARNAT-SSA1-2004 expressed in mg/Kg (CREF), the environmental hazard quotient (CF), the ecological risk index (ER) and the cumulative ecological risk index (RI).

Tabla 3. Valores obtenidos de: la concentración de MIT en suelo expresada en mg/Kg (CEXP), la concentración de referencia obtenida de la NOM-147-SEMARNAT-SSA1-2004 expresada en mg/Kg (CREF), el cociente de peligro ambiental (CF), el índice de riesgo ecológico (ER) y el índice de riesgo ecológico acumulativo (RI).

| MIT | Cexp | Cref | CF | ER |
|-----|--------------|------|--------|-------|
| Cd | 3.45 ± 2.44 | 37 | 0.093 | 2.79 |
| Hg | 0.05 ± 0.009 | 23 | 0.0021 | 0.084 |
| Pb | 54.34 ± 7.25 | 400 | 0.135 | 0.675 |
| | | | RI | 3.549 |

Table 4. Values obtained from the chronic intake index (CDI), the health risk index (HQ) and the cumulative health risk index (HI).

Tabla 4. Valores obtenidos del índice de ingesta crónica (CDI), el índice de riesgo a la salud (HQ) y el índice de riesgo a la salud acumulado (HI).

| MIT | CDI | HQ |
|-----|-------|--------|
| Cd | 0.181 | 3.754 |
| Hg | 0.002 | 0.181 |
| Pb | 2.957 | 16.897 |
| | HI | 20.832 |

El cálculo de CDI mostró valores por arriba de $n \times 10^{-3}$ para los tres MIT evaluados, lo cual podría sugerir también, que los niveles de exposición son peligrosamente elevados, debido a la ingesta crónica de alimentos potencialmente contaminados (Tabla 4).

A partir de las RfD estimadas para la especie en cuestión, se obtuvieron los valores de HQ, los cuales fueron todos por arriba de 1, que, de acuerdo con la ATSDR y el CEPIS/OPS estos valores suponen niveles de exposición peligrosamente elevados en la población de *C. aquilus*. Este riesgo puede verse incrementado por la múltiple presencia de los MIT en la zona de estudio, pues la suma de los valores de HQ mostró un resultado por arriba de 4, que, de acuerdo con las agencias antes mencionadas, podría suponer el incremento de la probabilidad de exposición efectiva (Tabla 4).

DISCUSIÓN

Obtención de datos ecológicos de *C. aquilus*

En la actualidad, continúan siendo escasos los trabajos en donde se describan, de manera detallada, diversos aspectos ecológicos de las serpientes mexicanas; esta situación complica en gran medida la aplicación de metodologías basadas en la recopilación de información bibliográfica, como es el caso de las estimaciones de riesgos. Particularmente para el caso de las serpientes del género *Crotalus*, pese a ser importantes miembros de la fauna de los ecosistemas mexicanos, la información respecto a la ecología de muchas de sus especies continúa siendo insuficiente y poco detallada (Mociño-Deloya et al., 2015).

De acuerdo con lo reportado por Mociño-Deloya et al. (2014), la mayoría de las publicaciones relacionadas particularmente a la dieta de muchas serpientes de cascabel mexicanas,

están limitadas por un pequeño conjunto de datos, basados únicamente en avistamientos breves o antecedentes aislados, así como conjeturas realizadas por los académicos y anécdotas reportadas, ya sea por los propios investigadores o incluso por los habitantes de las zonas donde se distribuyen estos animales, sin estar sustentados por estudios sistemáticos.

Para el caso particular de *C. aquilus* la información encontrada respecto a sus hábitos alimenticios y otras cuestiones ecológicas, no fue más completa que para otras serpientes, situación que concuerda con lo reportado anteriormente por Bryson et al. (2006); Mociño-Deloya et al. (2014) y Mociño-Deloya et al. (2015). Quienes mencionan que, para el caso particular de las serpientes de cascabel de montaña, como *C. aquilus*; la información ecológica es escasa.

Para solventar la escases de datos ecológicos de la especie, las evaluaciones de riesgos ofrecen metodologías validas que permiten realizar estimaciones a partir de datos existentes. En este trabajo, las estimaciones realizadas fueron determinadas con base en los criterios de Lema et al. (2010), tomando como homologos los datos reportados para otras especies de serpientes respecto a su longevidad y su tasa de ingesta. No obstante, esta investigación pone en evidencia la necesidad de ampliar el conocimiento respecto a diversas cuestiones ecológicas de las serpientes de cascabel mexicanas, que aun siguen sin ser estudiadas con profundidad.

Estimación del riesgo ecológico

Hasta este momento no se contaba con ninguna evaluación sobre la calidad del ambiente y el impacto que las actividades antropocéntricas que propician la liberación de MIT pudieran tener sobre la herpetofauna de la zona de interés. Si bien se cuenta con un antecedente histórico sobre los procesos mineros del sitio de estudio, en general, hay muy pocas evaluaciones sistemáticas sobre la salud de los ecosistemas de la Comarca Minera y como ésta puede o no afectar a la fauna circundante.

Dentro de los estudios ecotoxicológicos aplicados en la fauna de la Comarca Minera del estado de Hidalgo, destacan algunos trabajos realizados principalmente en aves e insectos, sin embargo, existe una larga lista de organismos que aún siguen sin ser considerados en estas evaluaciones, dentro de los que destacan los reptiles y especialmente las serpientes. Particularmente para los miembros de este grupo, estos trabajos cobran un sentido mayor, no solo por la importancia ecológica de estos organismos, sino también, porque hasta ahora solo se ha especulado sobre como la contaminación pueda afectar a los miembros de este grupo taxonómico, sin contar, con estudios

detallados al respecto, por lo que las estimaciones del riesgo forman parte del primer acercamiento para la realización de investigaciones más detalladas al respecto.

Con base en los estudios ecotoxicológicos realizados en este grupo taxonómico, existe evidencia acerca del potencial bioacumulador de las serpientes (Burger et al., 2005; Quesada et al., 2014; Burger et al., 2017; Gavrić et al., 2019). Sin embargo, diversos investigadores coinciden en que son escasos los estudios que evalúen los efectos que las exposiciones crónicas a agentes químicos peligrosos como los MIT pueden ejercer sobre este tipo de herpetofauna (Campbell & Campbell, 2002; Gavrić et al., 2019).

La presencia de los MIT concuerda con lo reportado por Hernández et al. (2009) y Fonseca (2018), respecto a los contaminantes asociados a la extracción de oro y plata y a pesar de haber detectado concentraciones por debajo de la norma de referencia, las pautas de la estimación de riesgos indican que, la simple presencia de los contaminantes en la zona, representa un riesgo potencial (ATSDR, 2005; CEPIS/OPS 2005; Lema et al., 2010).

Con base en las concentraciones observadas, se esperaba obtener índices de riesgo ecológico bajos, lo cual se pudo observar mediante el cálculo del ER y el RI. Sin embargo, de acuerdo con Gaytán-Oyarzún & López-Herrera, (2019) la presencia de los MIT en conjunto con el escenario de exposición de las serpientes, generan una situación de riesgo que debe ser evaluada., pues estos son altamente persistentes en el ambiente, bioacumulables y biomagnificables, lo cual aumenta su peligrosidad para los seres vivos (Delgadillo-Ubaldo; 2008; Kazemi et al., 2022).

Es importante mencionar que la estimación de riesgo ecológico considera la concentración del contaminante y su potencial tóxico, sin tener en cuenta los periodos de exposición a estos, factor que puede incrementar la probabilidad de que se presenten exposiciones efectivas en la población evaluada y que está ligado a los hábitos y ecología de la población (Kazemi et al., 2022).

Estimación del riesgo de exposición

En esta investigación, se evaluaron diferentes indicadores que estiman la probabilidad de que, dadas las condiciones del entorno, los hábitos de la población y las características de los contaminantes, se genere una exposición efectiva que pueda comprometer la salud de la población. No obstante es importante mencionar que existe muy poca información respecto a los efectos negativos de la contaminación química



del ambiente hacia las serpientes, tan solo Campbell y Campbell (2001) y Schneider et al. (2013) indicaron que no existen estudios sistemáticos con serpientes que determinen las concentraciones a las que estos organismos presentan efectos adversos en su salud, por lo que las estimaciones realizadas en este estudio, deben ser complementadas con estudios que contemplen la evaluación de daños.

La aplicación de la estimación de riesgos, sin embargo, permite la pronta toma de decisiones y sustenta el criterio para llevar a cabo una investigación de mayor profundidad con los ejemplares de la población de interés, misma que, al tratarse de una especie bajo protección, debe incluir la toma de muestras biológicas no letales o poco invasivas para la determinación de MIT en concentraciones internas, así como la aplicación de metodologías no letales de evaluación de daño genotóxico como puede ser la evaluación de micronúcleos en sangre periférica.

Particularmente en esta investigación, se determinaron diferentes factores que pueden incrementar la probabilidad de que estos efectos negativos se presenten en la población evaluada. Un punto importante a mencionar es que los contaminantes como los MIT tienden a bioacumularse en diferentes tejidos dentro y fuera de los organismos y en el caso particular de los depredadores, los contaminantes podrían ser biomagnificados debido al ingreso progresivo de los mismos mediante la dieta, ocasionando exposiciones crónicas durante toda su vida (Campbell & Campbell, 2001).

De acuerdo con la investigación respecto a los hábitos alimenticios de *C. aquilus*, esta especie presenta una dieta sumamente diversa, lo cual podría incrementar los niveles de exposición mediante la transferencia de contaminantes a través de las redes tróficas, provocando su biomagnificación y aumentando la probabilidad de expresar efectos negativos en la salud de los animales; sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, no hay estudios a la fecha de esta publicación que demuestren los efectos tóxicos de esta bioacumulación en las serpientes.

Al determinar la IED para la población de *C. aquilus* estudiada, esta sugiere que el nivel de exposición indirecta sea peligrosamente elevado, lo cual concuerda con lo reportado anteriormente por Chumchal et al. (2011), quienes compararon los niveles de bioacumulación de diferentes taxones expuestos en un cuerpo de agua, incluyendo a una serpiente venenosa de la especie *Agkistrodon piscivorus*; encontrando que la serpiente exhibía los niveles de acumulación más elevados respecto a los otros taxones, situación que se atribuyó a los hábitos alimenticios

de los animales, pues dentro de los taxones evaluados, las presas de *A. piscivorus* también presentaban un grado de contaminación interna pero en concentraciones menores en comparación a la de la serpiente.

Por otro lado, el cálculo de CDI, también apoya la hipótesis de la importancia de la dieta como un fuerte factor de exposición hacia los contaminantes en el caso de los depredadores, pues este mostró valores elevados al considerar el promedio de vida de los organismos y su tasa de ingesta crónica, concordando con lo mencionado por Campbell & Campbell (2001) Burger & Gochfeld (2016) y Schneider et al. (2013), quienes también hacen hincapié en la importancia de la dieta en la transferencia de contaminantes en las serpientes, mencionando que este es un factor que incrementa los niveles de exposición de los animales, propiciando la bioacumulación y la progresiva biomagnificación de los xenobióticos.

Por otro lado, en el cálculo de HQ podemos observar el mismo fenómeno, el índice de HQ se eleva al considerar el cálculo de CDI y al ser comparado contra una dosis de referencia. Es decir, los animales podrían estar sobrepasando los niveles seguros de exposición debido, principalmente a la ingesta crónica de presas potencialmente contaminadas. Estas estimaciones sugieren prestar especial atención a los depredadores de un ecosistema, al momento de realizar una evaluación ecotoxicológica. Sin embargo, se hace hincapié en la necesidad de realizar estudios de concentraciones internas de MIT que puedan corroborar las estimaciones realizadas mediante los cálculos de IED, CDI y HQ.

CONCLUSIONES

La contaminación por MIT representa un fuerte impacto negativo para los diferentes ecosistemas del mundo, donde la herpetofauna figura como uno de los grupos de vertebrados con mayor vulnerabilidad ante estos contaminantes, debido a sus características biológicas y conductuales. México es el país número uno en cuanto a diversidad de serpientes, las cuales son importantes depredadores de sus respectivos ecosistemas. Dentro de este grupo, las serpientes de cascabel adquieren mayor relevancia debido a su gran importancia ecológica y cultural. Sin embargo, los estudios ecotoxicológicos donde se les considere son nulos.

Debido a que la información que respecta al área de ecotoxicología de serpientes es insuficiente, los efectos negativos que los MIT puedan ocasionar en las poblaciones de estos animales, siguen siendo meramente especulativos, por lo que la aplicación de una estimación de riesgos representa

el primer acercamiento en un área de la ecotoxicología que en México ha sido poco estudiada, y que busca brindar un soporte para futuros investigaciones.

En el presente estudio se determinó la presencia de tres MIT en el hábitat de una población de *C. aquilus* lo cual, debido a las características toxicológicas de los metales, sugiere un riesgo ecológico y a la salud potencial para la población de estudio. La estimación del riesgo ecológico mostró un riesgo bajo, debido principalmente a las concentraciones en que se detectaron los MIT. Sin embargo, este tipo de contaminantes presentan una elevada persistencia en el ambiente, así como la capacidad de atravesar membranas biológicas, propiciando su bioacumulación y biomagnificación, lo cual puede incrementar su peligrosidad para los sistemas biológicos.

Por otra parte, mediante la estimación del riesgo de exposición, podemos observar que las características propias de los MIT antes mencionadas, en conjunto con los hábitos alimenticios de las serpientes, así como su posición en las redes tróficas, crean una interacción que podría estar aumentando los niveles de exposición de estos contaminantes hacia la población de estudio, pues se obtuvieron valores que sugieren un riesgo peligrosamente elevado. Por lo tanto, con los resultados obtenidos será precisa la aplicación de una evaluación de daño en la población de *C. aquilus* estudiada, misma que incluya la determinación de concentraciones internas de MIT en las serpientes. Finalmente, esta investigación sugiere la aplicación de las estimaciones de riesgo en poblaciones animales como una herramienta valiosa que ayude a los investigadores a fundamentar criterios para futuros estudios ecotoxicológicos de fauna silvestre en México.

Agradecimientos.– Se agradece al CONACyT por la beca de posgrado otorgada, misma que hizo posible esta investigación. De igual forma, se agradece al Lic. Felipe Cerón Mejorada y al Biol. Pablo Jesús Salvador Morales por proporcionar las fotografías de los ejemplares y el diagrama de escutelación de la especie. Este trabajo se llevó a cabo utilizando únicamente información bibliográfica. No se recurrió a la captura de ejemplares ni al manejo de los mismos.

LITERATURA CITADA

Álvarez, T.A., R.C. Vizcaya & M.S. Sarabia. 2016. Espectro Alimentario de la lagartija *Sceloporus internasalis* (Reptilia: Phrynosomatidae) del Bastonal, Sierra de Santa Martha, Los Tuxtlas, Veracruz. *Revista de Zoología* 27:17-37.

Arnaud, G. 2015. Conservación de la serpiente de cascabel sin Cascabel *Crotalus catalinensis*, de la isla Santa Catalina, Golfo de California. *Recursos Naturales y Sociedad* 1:51-56.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2005. <https://www.atsdr.cdc.gov>.

Borrayo, M.M. 1990. Estudio preliminar del efecto de la temperatura en la determinación sexual del cincuate o alicante (*Pituophis deppei deppei*). Tesis de licenciatura. Universidad de Guadalajara. México.

Burger, J. & M. Gochfeld. 2016. Habitat, population dynamics, and metal levels in colonial waterbirds: A Food Chain Approach. CRC Press.

Campbell, K.R., & T.S. Campbell. 2001. The accumulation and effects of environmental contaminants on snakes: a review. *Environmental Monitoring and Assessment* 70:253-301.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del ambiente/Organización Panamericana de la Salud (CEPIS/OPS). 2005. Curso de autoinstrucción. Obtenido de Evaluación de Riesgo asociado a Contaminantes de Aire.

Chumchal, M.M., T.R. Rainwater, S.C. Osborn, A.P. Roberts, M.T. Abel, G.P. Cobb, P. Smith & F.C. Bailey. 2011. Mercury speciation and biomagnification in the food web of Caddo Lake, Texas and Louisiana, USA, a subtropical freshwater ecosystem. *Environmental Toxicology and Chemistry* 30:1153-1162.

Davis, W.B. & R.J. Russell. 1953. Aves y mamíferos del estado de Morelos. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 14:77-148.

Delgadillo-Ubaldo, E. 2008. Metodología para el análisis de riesgos ambientales. Impacto social en la población del municipio de Ecatepec, Estado de México. Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México.

Egea-Serrano, A. & M.E. Ortiz-Santaliestra. 2013. Análisis del impacto de la contaminación química sobre la herpetofauna: nuevos desafíos y aplicaciones prácticas. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española* 24:2-34.

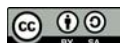
Fernández-Badillo, L., N. Morales-Capellán & I. Goyenechea Mayer-Goyenechea. 2011. Serpientes venenosas del estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.



- Fernández-Badillo, L., N. Morales-Capellan & I. Mayer-Goyenechea. 2012. *Crotalus aquilus* (Querétaro dusky rattlesnake) diet. *Herpetological Review* 43:658.
- Fernández-Badillo, L., N. Morales-Capellán, C.R. Olvera, G.M. Canales & I. Mayer-Goyenechea, 2017. Guía de las serpientes del estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, México.
- Garduño, N.A. 2005. Los mamíferos silvestres de Michoacán. Diversidad biológica e importancia. Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, Morelia, México.
- García-Reynoso, J.A., M. Grutter & D. Cintora-Juárez. 2007. Evaluación del riesgo por contaminantes criterio y formaldehído en la ciudad de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 23:169-175.
- González-Mille, D.J., C.A. Ilizaliturri-Hernández, G. Espinosa-Reyes, R. Costilla-Salazar, F. Díaz-Barriga, I. Ize-Lema & J. Mejía-Saavedra. 2010. Exposure to persistent organic pollutants (POPs) and DNA damage as an indicator of environmental stress in fish of different feeding habits of Coatzacoalcos, Veracruz, Mexico. *Ecotoxicology* 19:238-248.
- Hakanson, L. 1980. An Ecological Risk Index for Aquatic Pollution control. A sedimentological approach. *Water Research* 14:975-1001.
- Hamid, E., K. Payandeh, M.T. Nezhad & N. Saadati. 2022. Potential ecological risk assessment of heavy metals (trace elements) in coastal soils of southwest Iran. *Frontiers in Public Health* 10:889130.
- Hernández-Acosta, E., E. Mondragón-Romero, D. Cristóbal-Acevedo, J.E. Rubiños-Panta & E. Robledo-Santoyo. 2009. Vegetación, residuos de mina y elementos potencialmente tóxicos de un jal de Pachuca, Hidalgo, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 15:09-114.
- Hernández-Flores, S.D. & A.E. Rojas-Martínez. 2010. Lista actualizada y estado de conservación de los mamíferos del Parque Nacional El Chico, Hidalgo, México. *Acta zoológica Mexicana (nueva serie)* 26:563-583.
- Hernández, A.A. 2006. Taxonomía distribución del género *Crotalus* (Linneo, 1758), en el estado de Hidalgo. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hidalgo, México.
- Horne, M.T. & W.A. Dunson. 1995. Effects of low pH, metals, and water hardness on larval amphibians. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 29:500-505.
- Hopkins, W.A. 2000. Reptile toxicology: Challenges and opportunities on the last frontier in vertebrate ecotoxicology. *Environmental Toxicology and Chemistry* 19:2391-2393.
- Kazemi, A., M. Esmaeilbeigi, Z. Sahebi & A. Ansari. 2022. Health risk assessment of total chromium in the QANAT as historical drinking water supplying system. *Science of The Total Environment* 807:150795.
- Klauber, L.M. 1982. Rattlesnakes: Their Habits, Life Histories, and Influence on Mankind, Abridged Edition. Univ of California Press.
- Latif, M.T., S.M. Yong, A. Saad, N. Mohamad, N.H. Baharudin, M.B. Mokhtar & N.M. Tahir. 2014. Composition of heavy metals in indoor dust and their possible exposure: a case study of preschool children in Malaysia. *Air Quality, Atmosphere & Health* 7:181-193.
- Lazcano, D., S.M. García, R.M. Hernández, J.A. Cisneros & S.N. Torres. 2009. Tiempo de deglución en crías de *Crotalus aquilus* (Klauber, 1952) en condiciones de cautiverio. *Ciencia UANL* 12:288-294.
- Lema, I.I., M. Zuk & L. Rojas-Bracho. 2010. Introducción al análisis de riesgos ambientales (2da ed.). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología.
- Liljestrom, M. 2011. Biología reproductiva de la golondrina patagónica *Tachycineta meyeri* en Ushuaia, Tierra del Fuego. Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires. Argentina.
- López-Fernández, A. 2015. Hábitos alimenticios de la codorniz Moctezuma (*Cyrtonyx montezumae*) en la época invernal en Tlaxco, Tlaxcala, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Luja, V.H., R. Rodríguez-Estrella & B. Sinervo. 2013. Observaciones sobre la dieta de la culebra de agua *Thamnophis hammondi* en un oasis de Baja California Sur, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84:697-700.
- Lu, S., Y. Wang, Y. Teng & X. Yu. 2015. Heavy metal pollution and ecological risk assessment of the paddy soils near a zinc-lead mining area in Hunan. *Environmental Monitoring and Assessment* 187:627(1-12).



- Martínez R.M. 2015. Descripción de la conducta materna y desarrollo de las crías del conejo montés *Sylvilagus cunicularius* en condiciones de semicautiverio. Tesis Doctoral, Universidad Veracruzana. México.
- Martínez, M.T. 2017. Propuesta de manual de manejo y traslado de reptiles: caso Uadyet Exotic's. Tesis de Ingeniería en Transporte, Instituto Politécnico Nacional.
- Mociño-Deloya, E. 2015 Ecología trófica de tres especies de cascabel en México: *Crotalus aquilus*, *Crotalus polystictus* y *Crotalus willardi*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada. España.
- Mociño-Deloya, E., K. Setser, S.C. Peurach & J.M. Meik. 2008. *Crotalus aquilus* in the Mexican state of México consumes a diverse summer diet. The Herpetological Bulletin 105:10-12.
- Mociño-Deloya, E., K. Setser & E. Pérez-Ramos. 2014. Observations on the diet of *Crotalus triseriatus* (Mexican dusky rattlesnake). Revista Mexicana de Biodiversidad 85:1289-1291.
- Muñoz-Brito, A. 2014. Termorregulación en *Barisia imbricata* (Sauria: Anguillidae). Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- NMX-AA-132-SCFI-2016. 2016. Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones técnicas para la obtención y manejo de muestras que permitan la caracterización de suelos del área de estudio, a través de la identificación y cuantificación de metales y metaloides. Diario Oficial de la Federación, Norma Oficial Mexicana 6/03/2017.
- NOM-147-SEMARNAT-SSA1-2004. 2007. Norma Oficial Mexicana que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por Ag, As, Ba, Br, Cd, Cr (VI), Hg, Ni, Pb, Se, Tl y/o V. Diario Oficial de la Federación Norma Oficial Mexicana 2/03/2007.
- Olvera-Olvera, C.R., L. Fernández-Badillo, F.J. Callejas-Jiménez, J.C. Iturbe-Morgado & I. Goyenechea. 2021. Herpetofauna de la sierra de las Navajas En: La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado. CONABIO, México, Pp. 276-283.
- Quesada, R.J., R.J. McCleary, D.J. Heard & H.B. Lillywhite. 2014. Non-lethal sampling of liver tissue for toxicologic evaluation of Florida cottonmouths snakes, *Agkistrodon piscivorus conanti*. Ecotoxicology 23:33-37.
- Rebón-Gallardo, F., O. Flores-Villela & D.R. Ortiz-Ramírez. 2015. Predation of nestling house finches (*Haemorhous mexicanus*) by a dusky rattlesnake, *Crotalus aquilus*, in Hidalgo, Mexico. Revista Mexicana de Biodiversidad 86:550-552.
- Schneider, L., W.A. Maher, A. Green & R.C. Vogt. 2013. Mercury contamination in reptiles: an emerging problem with consequences for wild life and human health. Pp. 173-232. In K.-H. Kim & R.J.C. Brown (Eds.), In: Mercury: Sources, Applications and Health Impacts. Nova Science Publishers, Inc.
- SEMARNAT. 2018. Programa de Acción para la Conservación de las Especies: Serpientes de Cascabel (*Crotalus spp.*). SEMARNAT/CONANP, México.
- Servicio Geológico Mexicano (SGM). 2018. Panorama minero del estado de Hidalgo. Secretaría de Economía. Ciudad de México, México.
- Sutton, D. & N. Harmon. 1976. Fundamentos de Ecología. Editorial Limusa, Ciudad de México, México. 293 p.
- Uetz, P., & Hosek, J. 2015. The Reptile Database. <http://www.reptile-database.org>. [Consultado en mayo 2022].
- USEPA. 1982. Method 6010D (SW-846) Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry. Revision 2. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Cincinnati, Ohio, USA.
- USEPA. 2007. Method 7471B (SW-846): Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Oils, Revision 1. Washington, DC.
- Velásquez, R.E. 2019. Ecología poblacional de mamíferos pequeños de un policultivo tradicional cafetalero de la región de Pluma Hidalgo, Oaxaca, México. Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México.



DISTRIBUTION RANGE EXTENSION OF THE AMAZON PYGMY GECKO *PSEUDOGONATODES GUIANENSIS* (PARKER, 1935) (SPHAERODACTYLIDAE: GEKKOTA) IN NORTHERN SOUTH AMERICA

AMPLIACIÓN DEL RANGO DE DISTRIBUCIÓN DEL GEKO ENANO AMAZÓNICO *PSEUDOGONATODES GUIANENSIS* (PARKER, 1935) (SPHAERODACTYLIDAE: GEKKOTA) EN EL NORTE DE AMÉRICA DEL SUR

Freddy Alexander Grisales-Martínez^{1,2*}

¹Servicios Ambientales y Geográficos S.A., Calle 11B No. 40A-130 Piso 4, Medellín, Colombia.

²Grupo Herpetológico de Antioquia (GHA), Instituto de Biología, Universidad de Antioquia, Calle 67 # 53-108, Bloque 7-121, A.A. 1226, Medellín, Colombia.

*Correspondence: grisso88@gmail.com

Received: 2023-10-30. Accepted: 2024-05-02. Published: 2024-05-22.

Editor: Nelson Velásquez, Chile.

The genus *Pseudogonatodes* (Ruthven, 1915), belonging to the family Sphaerodactylidae, constitutes a group of small geckos, mainly semifossorial or cryptozoic, with cis- and trans-Andean distribution in northern South America (Avila-Pires, 1995; Avila-Pires & Hoogmoed, 2000; Esqueda et al., 2016). The genus shares characteristics with other sphaerodactylids, such as *Lepidoblepharis*, leading to the initial inclusion or synonymization of species (e.g., *Lepidoblepharis lunulatus*, later designated as *Pseudogonatodes lunulatus*; *P. furvus*, initially considered a synonym of *L. intermedius*, later recognized as a nominal species) (Ruthven, 1922; Parker, 1926; Roux, 1927). Currently, the genus *Pseudogonatodes* is diagnosed by the presence of a retractile claw between five scales, where the supralateral scales of the claw sheath are in contact through their length (Peters & Donoso, 1970; Avila-Pires, 1995).

Historically, taxonomic uncertainty has existed about some species in the genus *Pseudogonatodes*, resulting in a lack of understanding about the limits of the taxa and their true distribution. In the description of *P. amazonicus*, Vanzolini (1967) considered that the new species, along with *P. lunulatus* (Roux, 1927), *P. furvus* (Ruthven, 1915), and *P. guianensis* (Parker, 1935), could be intra-specific variation. Later, Huey & Dixon (1970) proposed *P. amazonicus* as a synonym of *P. guianensis*, a consideration followed by various authors (Hoogmoed, 1973; Avila-Pires, 1995). Particularly regarding the species *P. guianensis*, suggestions of geographical variation and morphological affinity with the conspecific *P. lunulatus* have been made (Avila-Pires, 1995; Hoogmoed & Avila-Pires, 2000). However, Esqueda et al., (2016)

recently discriminated the species *P. guianensis* and *P. lunulatus* based on morphometric and meristic characters. Therefore, at present, no evidence contradicts the validity of the species *P. guianensis* or suggests the existence of several different taxa under this name.

The genus *Pseudogonatodes* currently recognizes seven species, most of them with restricted distribution: *P. barbouri* (Noble, 1921) and *P. peruvianus* Huey & Dixon, 1970, are found in Amazonas and Cajamarca, in northwestern Peru; *P. furvus* (Ruthven, 1915), is located in the Sierra Nevada de Santa Marta, in the Colombian Caribbean; *P. gasconi* (Avila-Pires & Hoogmoed, 2000), is situated in the Acre region in northwestern Brazil; *P. manessi* (Avila-Pires & Hoogmoed, 2000), is found in the Central Coastal Range in the north of Venezuela; *P. lunulatus* (Roux, 1927) has distribution in the north of Venezuela; *P. guianensis* (Parker, 1935), has a wide distribution in the Amazon Basin and Guiana Shield (Huey & Dixon, 1970; Avila-Pires & Hoogmoed, 2000; Riveiro-Junior, 2015; Esqueda et al., 2016; Montes-Correa et al., 2021).

Pseudogonatodes guianensis, commonly named as the Amazon Pygmy Gecko, is a terrestrial and diurnal species that is highly adaptable to different ecosystems, inhabiting both primary and secondary terra firme forests, swampy areas, and disturbed habitats (Duellman & Mendelson, 1995; Vitt et al., 2005; Arteaga, 2023). The species is the most widely distributed species of the genus, with its distribution primarily cis-Andean (Avila-Pires, 1995; Riveiro-Junior, 2015). It has been recorded in Brazil, Guyana, Venezuela, Colombia, Ecuador, Peru, Suriname and



Figura 1. Fotografías de *Pseudogonatodes guianensis* (MHUA-R13964) de Curumani, Cesar, Colombia. Arriba espécimen in situ, abajo espécimen antes de la recolección final.

Figure 1. Photographs of *Pseudogonatodes guianensis* (MHUA-R13964) from Curumani, Cesar, Colombia. Top specimen in situ, bottom specimen prior to final collection.

French Guiana (Hoogmoed, 1973; Molina, 2001; Riveiro-Junior, 2015; Arteaga, 2023). In Colombia, it is known from the eastern flank of the Eastern Cordillera, Orinoquía and Amazon regions, specifically in the departments of Meta, Putumayo, Casanare,

Amazonas, Boyacá, Vaupés, and an isolated inter-Andean record in Tolima (GBIF, 2023; see Appendix 1).

On August 4, 2021, at 18:30 h, during a field trip, a lizard was observed on the rocky shore of the upper reaches of San Pedro

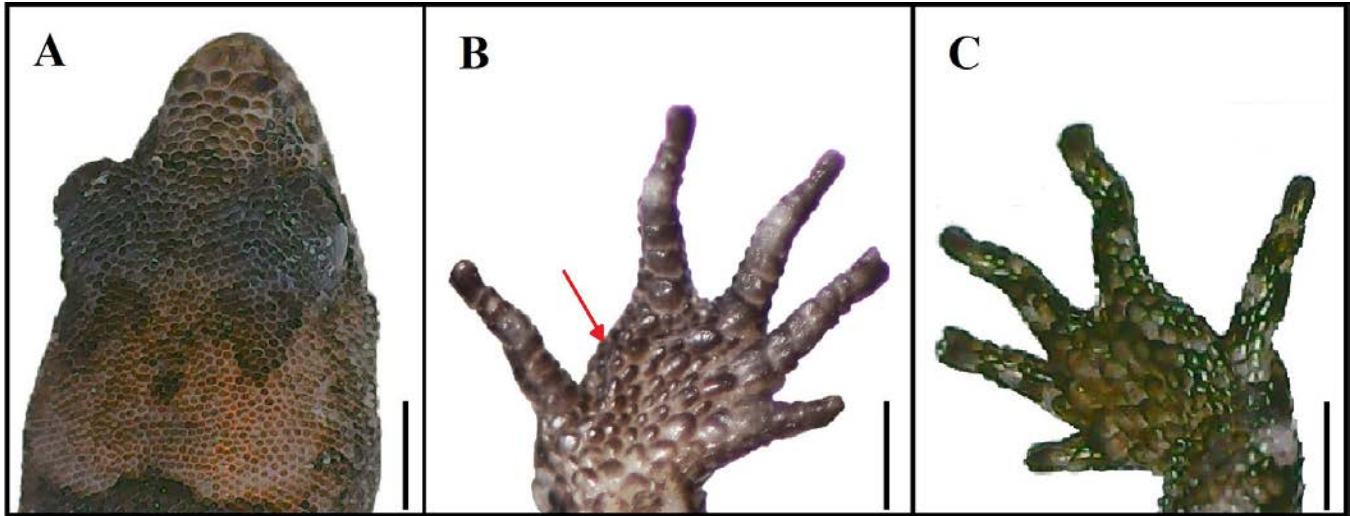


Figura 2. Ejemplar de *Pseudogonatodes guianensis* (MHUA-R13964). (A) vista dorsal de la cabeza, se observan tres escamas postrostrales y un área de luz en forma de "W" en la parte posterior de la cabeza; (B) vista ventral del pie, la flecha roja indica la planta del pie con una escamación heterogénea; (C) vista dorsal del pie, se observa una vaina de escamas supralaterales en contacto a lo largo de su longitud. Barra de escala = 1 mm.

Figure 2. Specimen of *Pseudogonatodes guianensis* (MHUA-R13964). (A) dorsal view of head, showing three postrostral scales and a "W"-shaped light area on posterior part of head; (B) ventral view of foot, red arrow indicates sole of foot with heterogeneous squamation; (C) dorsal view of foot, showing a sheath of supralateral scales in contact across its length. Scale bar = 1 mm.

Creek, on the Bella Luz farm, in the municipality of Curumaní, Cesar department, Colombia (9.169526° N, 73.416279° W; elevation 1,114 m a.s.l.; WGS 84 datum). The site is a riparian forest fragment with abundant leaf litter and understory vegetation, where other reptiles such as *Tretioscincus bifasciatus* (Duméril, 1851), *Polychrus marmoratus* (Linnaeus, 1758), *Gonatodes albogularis* (Duméril & Bibrón, 1836), *Stenocercus erythrogaster* (Hallowell, 1856), *Leptodeira ornata* (Bocourt, 1884), and *Bothrops asper* (Garman, 1883) were also recorded.

The specimen was photographed and euthanized it with 2% Roxicaine, muscle tissue (hind limb) was removed and preserved in 95% ethanol, then fixed it in a 10% formalin solution and preserved it in 70% ethanol. The specimen has been deposited in the Museo de Herpetología de la Universidad de Antioquia (MHUA) under the catalog number MHUA-R13964 (Fig. 1) and was collected under the authorization of the Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), resolution number 00644, dated April 7, 2021.

The specimen referred to in the present study is identified as the species *P. guianensis* based on the combination of characters described by various authors (see Dixon & Huey, 1970; Peters & Donoso, 1970; Avila-Pires, 1995), in parentheses values recorded for MHUA-R13964: 7 or fewer subdigital lamellae under the

fourth toe (7); an expanded third subdigital lamella (counting from the unguis sheath toward the base of the toe); head length contained five times in the snout-vent distance; 3-4 postrostral scales (3); conical to subconical dorsal scales; maximum snout-vent length 30 mm (24 mm); scales around midbody 86-105 (90), 36-47 ventrals in a longitudinal row (37), and 17-22 in a transverse row at midbody (19).

The species most similar to *P. guianensis* is *P. lunulatus*, although, according to Esqueda et al. (2016), they can be differentiated: *P. guianensis* has (vs. *P. lunulatus* in parenthesis) the sole of the foot with heterogeneous squamation (homogeneous squamation), tibia foot < 0.5 regarding the femur length (>0.5 regarding the femur length), and the first supralabial 0.5 or less regarding eye-nostril distance (> 0.5 to ≤ 0.7 eye-nostril distance) (Fig. 2).

This record signifies the northernmost occurrence of the species in South America and one of the few confirmed Andean records for the species *P. guianensis*. Consequently, the latitudinal distribution of the species extends approximately 420 kilometers from the north of the Casanare department (Hato Colosal municipality) to the east of Cesar department (Curumaní municipality), both sites in Colombia (Fig. 3; Appendix 1.). Thus, it is proposed that the distribution of the gecko *P. guianensis* encompasses the Amazon Basin, the Guiana Shield, and the

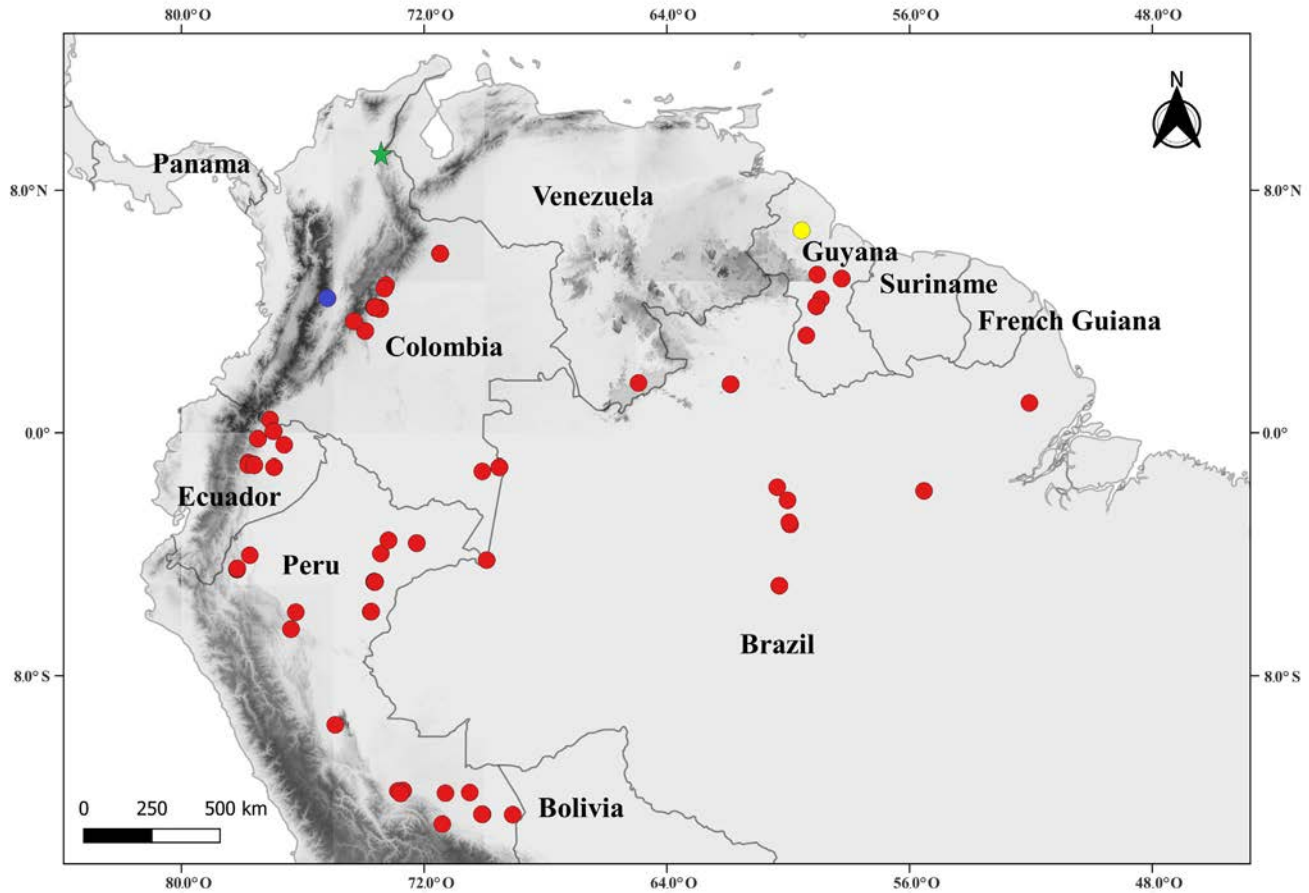


Figura 3. Mapa de distribución de *Pseudogonatodes guianensis*. La estrella verde indica el nuevo registro, el círculo amarillo indica la localidad tipo (aproximada, según se cita en la descripción original de Parker, 1935, en la parte alta del río Cuyuni, Guayana Británica), el círculo azul indica el registro interandino, y los círculos rojos representan registros basados en registros de museos obtenidos de GBIF.

Figure 3. Distribution map of *Pseudogonatodes guianensis*. The green star indicates the new record, the yellow circle indicates the type locality (approximate, as cited in the original description by Parker, 1935, in the Upper Cuyuni river, British Guiana), the blue circle indicates the inter-Andean record, and the red circles represent records based on museum records obtained from GBIF.

eastern foothills of the Andes in Colombia, a pattern similar to that observed in other small Amazonian squamates, such as *Potamites ecleopus* (Cope, 1875) and *Loxopholis parietalis* (Cope, 1886) (Diago-Toro et al. 2021).

The inter-Andean record in the Magdalena River valley in the Tolima department is intriguing (MPUJ-R634, Appendix 1.), although it could not be confirmed, so it may be a case of misidentification. Nevertheless, there is an increasing number of records for small ectotherms with a cis-Andean distribution in the inter-Andean valleys, as observed in the case of the glass frog *Cochranella resplendens* (Lynch & Duellman, 1973), the colubrid snake *Atractus occipitoalbus* (Jan, 1862), the lizard *Anolis fuscoauratus* (D'Orbigny, 1837) and the microteiid *Cercosaura*

argulus (Peters, 1862) (see Grisales-Martínez et al., 2017; Marín et al., 2017; Molina-Zuluaga et al., 2017; Diago-Toro et al., 2021).

Small cryptic geckos of the genus *Pseudogonatodes* can be misclassified due to their morphological similarity with other genus in the family Sphaerodactylidae (e.g., *Sphaerodactylus*), or due to the similarity among congeners. Therefore, the collection of individuals in the field and subsequent laboratory analysis is crucial for understanding the true distribution of the species, its intra-specific variation, and species boundaries. This is particularly important for *P. guianensis*, to assess whether the phenotypic divergence exhibited by Andean populations (as suggested by Avila-Pires, 1995 and Hoogmoed & Avila-Pires,

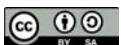
2000) may coincide with genetic divergence, thus positioning these populations as candidate species.

The species *P. guianensis* is listed as Least Concern (LC) according to Red List of the International Union of Conservation of Nature (IUCN), due to large distribution, lack of evidence for significant population decline, lack of widespread threats, and occurrence in numerous protected areas (Calderón et al., 2019). However, the true distribution and population trends at the Andean level are unknown, thus the record of the present study is relevant for a future evaluation.

Acknowledgments.— I thank ISA Intercolombia for providing the data used in the wildlife monitoring of the compensation areas related to the environmental impact study “EIA Línea de Transmisión La Loma-Sogamoso a 500 kV” for this publication. I express gratitude to Eliecer Cuadros and his family for their hospitality during my stay on their farm. Special thanks to biologist Manuela Santamaría, Victor Lizarazo, and the staff of Conserferal for their assistance during the fieldwork. I also extend my thanks to Betriz Rendón for her contribution to the improvised version of this manuscript and to the reviewers for their comments. Finally, thanks to the Museo de Herpetología de la Universidad de Antioquia (MHUA) and Grupo Herpetológico de Antioquia (GHA) for providing me with workspace.

CITED LITERATURE

- Arteaga, A. 2023. Amazon Pygmy Gecko (*Pseudogonatodes guianensis*). In: Arteaga A, Bustamante, L., J. Vieira & J.M Guayasamin (Eds.), Reptiles of Ecuador: Life in the middle of the world. Available from: www.reptilesofecuador.com.
- Avila-Pires, T.C. 1995. Lizards of Brazilian Amazonia (Reptilia: Squamata). *Zoologische Verhandlungen* 299:1-706.
- Avila-Pires, T.C., & M.S. Hoogmoed. 1999. On two new species of *Pseudogonatodes* Ruthven, 1915 (Reptilia: Squamata: Gekkonidae), with remarks on the distribution of some other sphaerodactyl lizards. *Zoologische Mededelingen* 73:209-223.
- Calderón, M., Cisneros-Heredia, D.F., T.C. Avila-Pires & P. Pérez. 2019. *Pseudogonatodes guianensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T44579491A44579494. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T44579491A44579494.en>. [Accessed on 18 April 2024].
- Diago-Toro, M.F., García-Cobos, D., G.D. Brigante-Luna & J.D. Vásquez-Restrepo. 2021. Fantastic lizards and where to find them: cis-Andean microteiids (Squamata: Alopoglossidae & Gymnophthalmidae) from the Colombian Orinoquia and Amazonia. *Zootaxa* 5067:377-400.
- Duellman, W.E. & J.R. Mendelson. 1995. Amphibians and Reptiles from Northern Departamento Loreto, Peru: Taxonomy and Biodiversity. *The University of Kansas Science Bulletin* 55:329-376.
- Esqueda, L.F., Lotzkat, S., Hertz, A., Natera, M., Varela-Leal, J., La Marca, E., F.J. Rojas-Runjaic & R. Rivero. 2016. Morphological variation and geographic distribution of *Pseudogonatodes lunulatus* (Roux, 1927) (Sauria, Sphaerodactylidae) in Venezuela. *Saber* 28:18-29.
- GBIF. 2023. The Global Biodiversity Information Facility. GBIF. <http://www.gbif.org/>. [Consulted in March 2023].
- Grisales-Martínez, F.A., Velasco, J.A., Bolívar, W., E.E. Williams & J.M. Daza. 2017. The taxonomic and phylogenetic status of some poorly known *Anolis* species from the Andes of Colombia with the description of a nomen nudum taxon. *Zootaxa* 4303:213-230.
- Hoogmoed, M.S. 1973. Notes on the herpetofauna of Surinam IV. The lizards and amphisbaenians of Surinam. *Biogeographica* 4:1-419.
- Huey, R.B. & J.R. Dixon. 1970. A new *Pseudogonatodes* from Peru with remarks on other species of the genus. *Copeia* 3:538-542.
- Marín, C.M., F.A. Toro & J.M. Daza. 2017. First trans-Andean record of *Atractus occipitoalbus* (Jan, 1862), (Squamata, Dipsadidae), from Colombia. *Herpetology Notes* 10:49-51.
- Molina, C.R. 2001. Geographic distribution. *Pseudogonatodes guianensis*. *Herpetological Review* 32:193.
- Molina-Zuluaga, C., Cano, E., Restrepo, A., M. Rada & J.M. Daza. 2017. Out of Amazonia: the unexpected trans-Andean distribution of *Cochranella resplendens* (Lynch and Duellman, 1978) (Anura: Centrolenidae). *Zootaxa* 4238:268-274.
- Montes-Correa, A.C., Saboya-Acosta, L.P., Jiménez-Bolano, J.D., Angarita-Sierra, T., Briceno-Perez, V., S. Nunez & M.S. Hoogmoed. 2021. Extended diagnosis of the type species of *Pseudogonatodes* Ruthven 1915 (Gekkota: Sphaerodactylidae). *Zootaxa* 4915:041-059.



- Noble, G.K. 1921. Some new lizards from northwestern Peru. *Annals of the New York Academy of Sciences* 29:133-139.
- Parker, H.W. 1926. The Neotropical genera *Lepidoblepharis*, *Pseudogonatodes*, *Lathrogecko* and *Sphaerodactylus*, with the description of a new genus. *The Annals and Magazine of Natural History; Zoology, Botany, and Geology* 9:291-301.
- Parker, H.W. 1935. The frogs, lizards, and snakes of British Guiana. *Proceedings of the Zoological Society of London* 1935:505-530.
- Peters, J.A. & R. Donoso-Barros. 1970. Catalogue of neotropical Squamata: Part II. Lizards and amphisbaenians. *Bulletin of the United States National Museum* 292:1-293.
- Ribeiro-Junior, M.A. 2015. Catalogue of distribution of lizards (Reptilia: Squamata) from the Brazilian Amazonia. II. Gekkonidae, Phyllodactylidae, Sphaerodactylidae. *Zootaxa* 3981:1-55.
- Roux, J. 1927. Contribution à l'erpétologie du Vénézuéla. *Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel* 38:252-261.
- Ruthven, A.G. 1915. Description of a new genus and species of lizard of the family Gekkonidae. *Occasional Papers of the Museum of Zoology, University of Michigan* 19:1-3.
- Ruthven, A.G. 1922. The amphibians and reptiles of the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Miscellaneous Publications of the Museum of Zoology, University of Michigan* 8:1-69.
- Vanzolini, P.E. 1967. Sobre o genero *Pseudogonatodes*, com a descricao de uma especie nova da Amazonia (Sauria, Gekkonidae). *Papeis Avulsos de Zoologia* 21:1-12.
- Vitt, L.J., Sartorius, S.S., Avila-Pires, T.C., P.A. Zani & M.C. Espósito. 2005. Small in a big world: ecology of leaf-litter geckos in new world tropical forests. *Herpetological monographs* 19:137-152.



APPENDIX 1 / APÉNDICE 1

Distribution records of *Pseudogonatodes guianensis* in Colombia, obtained from GBIF.

Registros de distribución de *Pseudogonatodes guianensis* en Colombia, obtenidos del GBIF.

Institutional abbreviations are as follows: MPUJ (Museo Pontificia Universidad Javeriana); MHUA (Museo de Herpetología de la Universidad de Antioquia); IAvH (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt); ICN (Instituto de Ciencias Naturales - Universidad Nacional de Colombia); MHNU (Museo de Historia Natural de la Universidad de los Llanos); MCZ (Museum of Comparative Zoology - Harvard University); MLS (Museo de La Salle - Universidad de La Salle); USNM (Smithsonian National Museum of Natural History).

COLOMBIA: Amazonas: Leticia (4.182394° S, 69.942481° W): MPUJ-R633; (4.131235° S, 69.953887° W): MHUA-R13957; **Boyacá:**

Santa María (4.868284° N, 73.260612° W): IAvH-R8718; (4.755965° N, 73.310361° W): ICN-R8026; **Casanare:** Hato Corozal (5.908839° N, 71.477172° W): IAvH-AAO454, IAvH-AAO455, IAvH-AAO456, IAvH-AAO506; **Meta:** Mesetas (3.355000° N, 73.946389° W): ICN-R534, ICN-R535, ICN-R536; Villavicencio (4.118056° N, 73.464167° W): ICN-R541, ICN-R2396; (4.081081° N, 73.453276° W): MCZ-R154443; (3.676802° N, 74.316141° W): MCZ-R154756; (4.150277° N, 73.640000° W): MPUJ-R742; (4.141700° N, 73.625000° W): USNM-84970; (4.123861° N, 73.627092° W): MLS-25, MLS-593, MLS-594, MLS-595; (4.151667° N, 73.655556° W): MHNU-H360, MHNU-H36, MHNU-H470, MHNU-H471; **Putumayo:** Orito (0.433172° N, 77.085663° W): IAvH-R9228; **Tolima:** Ibagué (4.436389° N, 75.191667° W): MPUJ-R634; **Vaupés:** Taraira (1.1225° S, 69.523611° W): ICN-R8129, ICN-R8130, ICN-R8131, ICN-R8132, ICN-R8133, ICN-R8134, ICN-R8135, ICN-R-8136.

NECROPHAGY IN TWO SNAKE SPECIES OF THE GENUS *LEPTODEIRA* (SQUAMATA: DIPSADIDAE)

NECROFAGIA EN DOS ESPECIES DE SERPIENTES DEL GÉNERO *LEPTODEIRA* (SQUAMATA: DIPSADIDAE)

Edgar Alberto Gamez-Duarte¹, José David Jacobo-González¹, José Martín Manríquez-Soto², Héctor Alexis Castro-Bastidas^{3,4*} & José Manuel Serrano⁴

¹Posgrado en Ciencias Biológicas, Facultad de Biología, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán 80013, Sinaloa, México.

²Reserva Ecológica El Mineral de Nuestra Señora Mundo Natural, Universidad Autónoma de Sinaloa, Cosalá 80780, Sinaloa, México.

³Posgrado en Ciencias Aplicadas al Aprovechamiento de los Recursos Naturales, Centro de Estudios “Justo Sierra” (CEJUS), Badiraguato 80600, Sinaloa, México.

⁴Anfibios de Sinaloa, Culiacán 80194, Sinaloa, México.

*Correspondence: salamander@cejus.edu.mx

Received: 2024-02-14. Accepted: 2024-04-30. Published: 2024-06-03.

Editor: Rafael Alejandro Lara Resendiz, México.

Resumen.— Las serpientes del género *Leptodeira* son conocidas por ser depredadoras con una amplia variedad de presas conocidas en su dieta. Las observaciones de depredación reportadas aquí se realizaron en el estado de Sinaloa, en el noroeste de México. Nuestro estudio presenta el primer registro de *L. splendida* y *L. septentrionalis* consumiendo sapos muertos de la especie *Incilius mazatlanensis*. Además, reportamos el avistamiento de *L. splendida* alimentándose de un sapo vivo de *Rhinella horribilis*. Por lo tanto, este es el primer informe de necrofagia para ambas especies de *Leptodeira*. Se discuten las posibilidades de señales quimiosensoriales para la detección de las presas en estas serpientes y la depredación oportunista cuando las presas vivas son escasas.

Palabras clave.— Carroñero, depredación, dieta, serpiente ojo de gato, Sinaloa.

Abstract.— Snakes of the genus *Leptodeira* are known to be predators with a wide variety of prey known in their diet. The predation observations reported here were made in the state of Sinaloa, in northwestern Mexico. Our study reports the first record of *L. splendida* and *L. septentrionalis* consuming dead toads of the species *Incilius mazatlanensis*. In addition, we report the sighting of *L. splendida* feeding on a live toad of *Rhinella horribilis*. Therefore, this is the first report of necrophagy for both *Leptodeira* species. The possibilities of chemosensory signals for prey detection in these snakes and opportunistic predation when live prey is scarce are discussed.

Key words.— Cat eye snake, diet, predation, scavenging, Sinaloa.

Despite the complexity of their feeding behavior, snakes have independently adopted a wide variety of dietary preferences (insects, mammals, birds, crustaceans, etc.; see Colston et al., 2010). Additionally, snake species exhibit this wide range of feeding behaviors in association with their dental morphology and prey abundance variation (Segall et al., 2023). Although snakes are characterized by the ingestion of whole prey, for which they implement different capture and immobilization strategies, such as venom inoculation, constriction or simply ingesting prey alive, they can also consume carrion (Sazima & Strüssmann, 1990). This behavior of feeding on tissues or fluids exuded from carrion is known as necrophagy and has been described for various vertebrate species (Berkovitz & Shellis,

2017; Selva et al., 2019; Székely et al., 2019; Barberá, 2020; Bartel et al., 2023). Although necrophagy in snakes has been reported in the literature (DeVault & Krochmal, 2002; Selva et al., 2019), it is possible that necrophagy is an under-observed behavior since the typical method of analyzing diet in reptiles is through examination of stomach contents, which does not reveal the initial state in which the prey was consumed (Gloyd, 1933; Lillywhite, 1982; Shine, 1986). However, it remains an unexplored question what sensory mechanisms enable carrion consumption in snakes.

Snakes of the genus *Leptodeira* belong to the family Dipsadidae with 11 species distributed from the United States to central

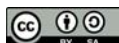




Figura 1. A) y B) Individuo adulto de *Leptodeira septentrionalis* consumiendo un cadáver de *Incilius mazatlanensis*. Fotos: JDJG.

Figure 1. A) and B) Adult individual of *Leptodeira septentrionalis* consuming a cadaver of *Incilius mazatlanensis*. Photos: JDJG.

Argentina (Costa et al., 2022). This genus has a wide variety of prey that make up its diet (Mora et al., 2020; Nuñez-Escalante & Garro-Acuña, 2020; Dueñas & Báez, 2023; Rojas-Carranza & Anderson, 2023), including necrophagy as a characteristic of dietary components of *L. annulata* and *L. ashmeadii* (Mora-Benavides et al., 1999; Oliveira et al., 2023). Currently, the report of this type of behavior raises the questions of whether carrion feeding is a common behavior of this genus *Leptodeira* and what role the snakes' sensory perception plays during feeding.

In the state of Sinaloa, located in northwestern Mexico, four species of the genus *Leptodeira* are distributed: *L. maculata*, *L. punctata*, *L. splendida*, and *L. septentrionalis* (Hardy & McDiarmid, 1969; Aguirre-Zazueta et al., 2023; Jacobo-González et al., 2023), which are found together at elevations below 1,500 m a.s.l. in pine-oak habitats and in tropical dry forests along the entire coastal plain (Uetz et al., 2023). Here we report new prey items in the diet of two *Leptodeira* snakes. Additionally, we highlight the consumption of carrion in two species, not previously reported. The discovery of these predatory events comes from non-systematic samplings.

On July 17, 2023, at 20:23 h, during rainy weather at the Reserva Ecológica El Mineral de Nuestra Señora Mundo Natural

of the Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), municipality of Cosalá in Sinaloa, Mexico (24°24'5.04"N, 106°36'29.88"W; WGS84; Elevation 570 m a.s.l.) an adult individual of *L. septentrionalis* was observed by one of us (JDJG) consuming the carcass of an adult individual of *Incilius mazatlanensis* (Fig. 1A). Upon detection, the snake abandoned the prey and moved a few meters away, allowing photographs to be taken of the toad carcass (Fig. 1B). After capturing images (for approximately 5 min), the second author left the location and upon returning around 40 minutes later, the remains of the toad were no longer present, leading us to infer that it was consumed by the snake, given the absence and low probability of being eaten by another scavenger on a rainy night.

In the same area, on a rainy night but on July 22, 2023 at 21:16 h, another similar event was observed. An adult individual of *L. splendida* was attempting to ingest a road killed toad, of the species *I. mazatlanensis*. In both the previous case and the present one, this species was identified by the presence of distinctive cranial ridges with dark borders, and small slightly oval paratoid glands (Taylor, 1940 [1939]). In this case, the first author (EAGD) proceeded to take photographs of the snake as it fed (Fig. 2A) but left the site to avoid interrupting the individual. Two hours later, EAGD returned to the site where both individuals, prey



Figura 2. A) Individuo adulto de *Leptodeira splendida* depredando un animal atropellado de *Incilius mazatlanensis* (EAGD alcanzó a percatarse de las crestas craneales que distinguen a este sapo antes de tomar las fotografías). Fotografía tomada por EAGD. B) Otro individuo de *L. splendida* depredando un individuo adulto vivo de *Rhinella horribilis*. Foto: JMMS

Figure 2. A) Adult individual of *Leptodeira splendida* preying a roadkill of *Incilius mazatlanensis* (EAGD noticed the cranial crests that distinguish this toad before taking the photographs). Photograph by EAGD. B) Another individual of *L. splendida* preying on an adult living individual of *Rhinella horribilis*. Photo: JMMS.

and predator, were no longer present. It is important to mention that EAGD noticed the cranial crests that distinguish this toad before taking the photographs.

A third observation in the same area occurred on September 17, 2023 at 23:07 h. Another feeding event was observed, with an adult individual of *L. splendida* feeding on a live adult individual of *Rhinella horribilis* (Fig. 2B). This species is mainly characterized by its large size, well marked cranial ridges, prominent paratoid glands with subtriangular shape, tubercles and conspicuous warts on the dorsum (Pereyra et al., 2021). This scene was observed by one of us (JMMS) from the Reserva Ecológica UAS, therefore, only photographs were taken since JMMS left the site and did not return. We assume that the snake was successful in ingesting its prey because the event was not interrupted.

The prey recorded for *L. septentrionalis* from different geographic areas consist in 16 species of amphibians and five reptiles: *Smilisca baudinii*, *S. phaeota*, *S. cyanosticta*, *Incilius valliceps*, *Rhaebo haematiticus*, *Rhinella humboldti*, *Lithobates warschewitschi*, *Leptodactylus melanonotus*, *Agalychnis callidryas* eggs, *A. moreletii*, *Craugastor loki*, *Dendropsophus ebraccatus*, *D. microcephalus*,

Tlalocohyla loquax, *Bolitoglossa* spp., *Scinax staufferi*, *Ameiva* spp., *Anolis* spp., *A. zapotecorum*, *Lepidophyma tuxtlae*, and *Ninia sebae* (Duellman, 1963; Henderson & Hoevers, 1977; Campbell, 1998; Savage, 2002; Solórzano, 2004; Cabrera-Guzmán et al., 2009; Vargas-Salinas & Aponte-Gutiérrez, 2013; González-Hernández et al., 2015; Bello-Sánchez et al., 2018; Tepos-Ramírez et al., 2019; Carbajal-Márquez et al., 2022). Therefore, this is the first record that includes *I. mazatlanensis* in the diet of *L. septentrionalis* as well as the first report of necrophagy of this snake.

On the other hand, nine species of amphibians and four reptiles have been recorded for the diet of *L. splendida*: *Incilius* spp., *I. valliceps*, *Engystomops pustulosus*, *L. melanonotus*, *Smilisca baudinii*, *S. staufferi*, *Sphaerodactylus lineolatus*, *A. callidryas* eggs, *Lithobates psilonota*, *Anolis* spp., *A. lineatus*, *Ameiva undulata*, and *Ctenosaura pectinata* (Duellman, 1958; Huerta-García et al., 2015). It is the first time that *I. mazatlanensis* and *R. horribilis* are reported in its diet of *L. splendida*, in addition to the behavior of feeding on carrion.

Snakes of the genus *Leptodeira* are nocturnal, semi-arboreal and elusive snakes that usually hide in rock crevices. For the

location of dead prey, vision may be of little use, as snakes depend largely on other means to detect the food that represents carrion. This is based on observations of other snake groups (Viperids or Colubrids) that use chemical cues for prey detection, whereas arboreal snakes rely on both chemical and visual cues (Shivik et al., 1997). On the other hand, Sharma et al. (2016) reported the consumption of inanimate objects by *Ptyas mucosa* following chemical cues.

It is likely that snakes of the genus *Leptodeira* are dependent on chemo-sensory signals to find food where olfaction plays an important role. However, these species possess venom glands, so understanding how these snakes administer venom to capture their prey remains unclear (Sazima & Strüssmann, 1990; DeVault & Krochmal, 2002). Some snakes may need to minimize energy expenditure for venom production during prolonged periods of severe drought (Berriozabal-Islas et al., 2021; Becerra-López et al., 2022). For example, the non-venomous colubrid *Natrix natrix* has been observed consuming carrion when common prey species become scarce, likely due to drought-induced climatic stress (Muszyńska et al., 2022). Although our observations on the feeding behavior of the two *Leptodeira* snakes were made during the rainy season for the region's dry forest, irregular rains and high temperatures occurred in 2023 due to a strong ENSO in the northern Pacific (CONAGUA, 2024).

Another possible explanation for the carrion-eating behavior of the genus *Leptodeira* is that these snakes are simply opportunistic. Consuming dead prey seems to be an easy alternative, as carrion is not defended unlike live prey and can be predictably found along roadsides (Gomes et al., 2017; Marques et al., 2017; Moleón et al., 2019; Sales et al., 2019). We suggest that scavenging in snakes is likely much more common than literature indicates, with roads in particular serving as reliable food sources. However, if snakes use roadkill as a food source, it increases their chances of being killed by road traffic, potentially an underestimated cause of snake mortality (Degregorio et al., 2011).

Acknowledgments.— EAGD thanks the students Jesús Yahir Hernández Tepesano, Javier Martínez Ibarra and José Francisco Burgos Carvajal of the Facultad de Biología UAS for their help in the field.

CITED LITERATURE

Aguirre-Zazueta, M., J.D. Jacobo-González, H.A. Castro-Bastidas & J.A. Loc-Barragán. 2023. Observation of ophiophagy and possible arboreal behavior in *Micrurus distans* (Squamata: Elapidae) on

Leptodeira septentrionalis (Squamata: Dipsadidae) and comments on its distribution in Sinaloa, Mexico. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:e735.

Berkovitz, B. & P. Shellis. 2017. Chapter 7 - Reptiles 2: Snakes. Pp. 201-224. En B. Berkovitz & P. Shellis (Eds.), *The Teeth of Non-mammalian Vertebrates*. Academic Press, Elsevier, USA.

Barberá, J.C. 2020. Necrofagia de *Trachemys scripta scripta* sobre *Apus apus*. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española* 31:31-32.

Bartel S.L., T. Stephenson, D.W. Crowder, M.E. Jones, A. Storfer, M.S. Strickland & L. Lynch. 2023. Global change influences scavenging and carrion decomposition. *Trends in Ecology & Evolution* 39:152-164.

Becerra-López, J.L., R. Cruz-Elizalde, A. Ramírez-Bautista, I. Magno-Benítez, C. Ballesteros-Barrera, J. Alvarado-Díaz, R.W. Bryson Jr, U. Hernández-Salinas, C.A. Díaz-Marín, C. Berriozabal-Islas, K. Fraire-Galindo, J. Tello-Ruiz, A. Czaja & M.J. Torres Delgado. 2022. Does size matter? Analysis of the niche width and vulnerability to climate change of fourteen species of the genus *Crotalus* from North America. *PeerJ* 10:e13154.

Bello-Sánchez, E.A., A. González-Christen, R.L. Nochebuena-Morales & J.E. Morales-Mávil. 2018. *Leptodeira septentrionalis* (Northern Cat-Eyed Snake). Diet. *Herpetological Review* 49:756.

Berriozabal-Islas, C., A. Ramírez-Bautista, F. Torres-Ángeles, J.F. Mota-Rodrigues, R. Macip-Ríos & P. Octavio-Aguilar. 2020. Climate change effects on turtles of the genus *Kinosternon* (Testudines:Kinosternidae): an assessment of habitat suitability and climate niche conservatism. *Hydrobiologia* 847:4091-4110.

Cabrera-Guzmán E., F.H. Carmona-Torres & V.H. Reynoso. 2009. *Leptodeira septentrionalis* (Cat-Eyed Snake). Diet. *Herpetological Review* 40:99.

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

Carbajal-Márquez, R.A., J.J. Sigala-Rodríguez & L. Fernández-Badillo. 2022. *Leptodeira polysticta* (Small-spotted Cat-eyed Snake). Diet. *Herpetological Review* 53:512.

Colston, T.J., G.C. Costa & L.J. Vitt. 2010. Snake diets and the deep history hypothesis. *Biological Journal of the Linnean Society* 101:476-486.



- CONAGUA. 2024. Estatus del Niño – Oscilación del Sur (ENOS). <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/diagnostico-climatico/estatus-del-nino> [Consulted in March 2024]
- Costa, J.C., R. Graboski, F.G. Grazziotin, H. Zaher, M.T. Rodrigues & A.L.D.C. Prudente. 2022. Reassessing the systematic of *Leptodeira* (Serpentes, Dipsadidae) with emphasis in the South American species. *Zoologica Scripta* 51:415-433.
- Degregorio, B.A., T.E. Hanckok, D.J. Kurz & S. Yue. 2011. How quickly are road-killer snakes scavenged? Implications for underestimates of road mortality. *Journal of the Carolina Academy Science* 127:184-188.
- DeVault, T.L. & A.R. Krochmal. 2002. Scavenging by snakes: an examination of the literature. *Herpetology* 58:429-436.
- Dueñas, M.R. & E.L. Báez. 2023. La serpiente de ojos de gato anillada *Leptodeira annulata* (Colubridae: Dipsadidae) cazador y presa: una revisión de la dieta en la cuenca del río Amazonas. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:e576.
- Duellman, W.E. 1958. A monographic study of the colubrid snake genus *Leptodeira*. *Bulletin of American Museum of Natural History* 114:1-152.
- Duellman, W.E. 1963. Amphibians and reptiles of the rain forests of southern El Petén, Guatemala. University of Kansas publications, Museum of Natural History 15:205-249.
- Gomes, D.F., R.C. González & T. Silva-Soares. 2017. *Erytrolamprus miliaris* (Linnaeus, 1758) (Serpentes: Dipsadidae): report on an unusual event of necrophagy. *Herpetology Notes* 10:417-419.
- González-Hernández, A., A.F. Soto-Pozos & C.J. Balderas-Valdivia. 2015. Predation of *Rhaebo haematiticus* (Anura: Bufonidae) by *Leptodeira septentrionalis* (Serpentes: Dipsadidae) in Costa Rica. *Mesoamerican Herpetology* 2:563-565.
- Gloyd, H.K. 1933. An unusual feeding record for the prairie rattlesnake. *Copeia* 1933:98.
- Hardy, L.M. & R.W. McDiarmid. 1969. The amphibians and reptiles of Sinaloa, Mexico. University of Kansas Publications, Museum of Natural History 18:39-252.
- Henderson, R.W. & L.G. Hoevers. 1977. The seasonal incidence of snakes at a locality in northern Belize. *Copeia* 1977:349-355.
- Huerta-García, E., V.C. Rojas-Espinoza, A.L. Santiago-Pérez, A. Godoy-González, J. Arreola-Aguirre & A. Ayón-Escobedo. 2015. Depredación de *Lithobates psilonota* (Anura: Ranidae) por *Leptodeira splendida bressoni* (Squamata: Colubridae) en arroyos del área natural protegida Sierra de Quila, Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 31:324-326.
- Jacobo-González, J.D., D.S. Chan-Chon, A. Razo-Pérez, A. Leal-Orduño, E. Centenero-Alcalá & R.A. Lara-Resendiz. 2023. Herpetofauna of the “El mineral de nuestra señora de la candelaria” reserve: a biological treasure in Sinaloa. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:e801 (56-74).
- Lillywhite, H.B. 1982. Cannibalistic carrion ingestion by the rattlesnake, *Crotalus viridis*. *Journal of Herpetology* 16:95.
- Marques, O.A., R.Z. Coeti, P.A. Braga & I. Sazima. 2017. Rotten choice: feeding attempt by a coral snake (*Micrurus frontalis*) on a dead pitviper (*Bothrops jararaca*) that had swallowed a bulky rodent. *Herpetology Notes* 5:137-139.
- Moleón, M., N. Selva, M.M. Quaggiotto, D.M. Bailey, A. Cortés-Avizanda & T.L. DeVault. 2019. Carrion Availability in Space and Time. Pp. 24-38. En P. Olea, P. Mateo-Tomás & J. Sánchez-Zapata (Eds.), *Carrion Ecology and Management*. *Wildlife Research Monographs*, vol 2. Springer, Cham, Switzerland.
- Mora-Benavides, J.M. 1999. *Leptodeira annulata* (Culebra Destenida, Banded Cat-eyed Snake). *Diet*. *Herpetological Review* 30:102.
- Mora, J.M. J. Ramírez-Alvarado, J. Alpízar-Rodríguez, A. Rodríguez-Picado, S. Gallo-Gutiérrez & L.J. Alfaro-Rodríguez. 2020. Predation by a Black-banded Cat-eyed Snake, *Leptodeira nigrofasciata* Günther 1868 (Squamata: Dipsadidae) on a Yellow-bellied Gecko, *Phyllodactylus tuberculatus* Wiegmann 1834 (Squamata: Phyllodactylidae) in northwestern Costa Rica. *Reptiles & Amphibians* 27:96-97.
- Muszyńska, A., M. Matuszewska, M. Smutyło & B. Borczyk. 2022. One death follows another: scavenging and road mortality in the grass snake, *Natrix natrix* (Serpentes: Colubridae). *Herpetology Notes* 15:295-296.
- Núñez-Escalante, R. & D. Garro-Acuña. 2020. Predation of a Plantation Glass-frog, *Hyalinobatrachium colymbiphylum* (Anura: Centrolenidae), by an Ornate Cat-eyed Snake, *Leptodeira ornata* (Squamata: Dipsadidae), in Costa Rica. *Reptiles & Amphibians* 27: 489-490.



- Oliveira, I.B., A.A. Camacho, A. Rocha & P.F. Viana. 2023. Unusual behaviours or just random and rare findings? Report of an event of necrophagy by the Cat-eyed Snake, *Leptodeira ashmeadii* (Squamata: Dipsadidae). *Herpetology Notes* 16:63-64.
- Pereyra, M.O., B.L. Blotto, D. Baldo, J.C. Chaparro, S.R. Ron, A.J. Elías-Costa, P.P. Iglesias, P.J. Venegas, M.T.C. Thomé, J.J. Ospina-Sarria, N.M. Maciel, M. Rada, F. Kolenc, C. Borteiro, M. Rivera-Correa, F.J.M. Rojas-Runjaic, J. Moravec, I. de la Riva, W.C. Wheeler, S. Castroviejo-Fisher, T. Grant, C.F.B. Haddad & J. Faivovich. 2021. Evolution in the genus *Rhinella*: a total evidence phylogenetic analysis of neotropical true toads (Anura: Bufonidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 447:1-156.
- Rojas-Carranza, A.H. & N.E. Anderson. 2023. Predation by the Common Cat-eyed Snake, *Leptodeira rhombifera* Günther, 1872, on the Pale Catfish in Costa Rica. *Herpetology Notes* 16:561-563.
- Sales, R.F.D., M.L.S. Lima & B.R. de Albuquerque-França. 2019. Dead but delicious: an unusual feeding event by the Sertão Muçurana snake (*Boiruna sertaneja*) on a bird carcass. *Herpetology Notes* 12:941-943.
- Savage, J.M. 2002. *The Amphibians and Reptiles of Costa Rica*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Sazima, I. & C. Strüßmann. 1990. Necrofagia em serpentes brasileiras: exemplos e previsões. *Revista Brasileira de Biologia* 50:463-468.
- Segall, M., C. Houssin, A. Delapré, R. Cornette, A. Herrel, J. Milgram, R. Shahar & M. Dumont. 2023. Armed to the teeth: The underestimated diversity in tooth shape in snakes and its relation to feeding behavior and diet. *Ecology and Evolution* 13:e10011.
- Selva, N., M. Moleón, E. Sebastián-González, T.L. DeVault, M.M. Quaggiotto, D. Bailey, S.A. Lambertucci & A. Margalida. 2019. Vertebrate scavenging communities. Pp. 72-77. En P. Olea, P. Mateo-Tomás & J. Sánchez-Zapata (Eds.), *Carrion Ecology and Management*. *Wildlife Research Monographs*, vol 2. Springer, Cham, Switzerland.
- Sharma, V., A. Sayyad & R. Bhandari. 2016. Herbivory and inanimate objects in the diet of the Oriental Ratsnake, *Ptyas mucosa* (Linnaeus 1758). *Reptiles & Amphibians* 23:102-103.
- Shine, R. 1986. Ecology of a low-energy specialistic: food habits and reproductive biology of the Arafura filesnake (Acrochordidae). *Copeia* 1986:424-237.
- Shivik, J.A. & L. Clark. 1997. Carrion seeking in brown tree snakes: Importance of olfactory and visual cues. *The Journal of Experimental Zoology* 279:549-553.
- Solórzano, A. 2004. *Serpientes de Costa Rica*. Instituto Nacional de Biodiversidad, Heredia, Costa Rica.
- Székely, D., F.P. Ganoa, P. Székely & D. Cogăln-iceanu. 2019. What does a Pacman eat? Macrophagy and necrophagy in a generalist predator (*Ceratophrys stolzmanni*). *PeerJ* e6406.
- Taylor, E.H. 1940 "1939". *Herpetological miscellany No. I*. University of Kansas Science Bulletin 26:489-571.
- Tepos-Ramírez, M., Q. Osnaya-García & V.H. Reynoso. 2019. *Leptodeira polysticta* (Small-spotted Cat-eyed Snake) Diet and prey subjugation. *Herpetological Review* 50:394-395.
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar, F. Reyes & J. Hošek (Eds.). 2023. *The Reptile Database*. Disponible en: <http://www.reptile-database.org> [Consulted in November 2023]
- Vargas-Salinas, F. & A. Aponte-Gutiérrez. 2013. A race for survivorship: failed predation on the toad *Rhinella humboldti* (Gallardo, 1965) by the cat-eyed snake *Leptodeira septentrionalis* (Kennicott, 1859). *Herpetology Notes* 6:189-191.



DEVRIESEA AGAMARUM ASSOCIATED DERMATITIS IN A SPECIMEN OF BEARDED DRAGON, *POGONA VITTIiceps* (AHL, 1926) (SQUAMATA: AGAMIDAE) IN PARAGUAY

DERMATITIS ASOCIADA A *DEVRIESEA AGAMARUM* EN UN EJEMPLAR DE DRAGÓN BARBUDO, *POGONA VITTIiceps* (AHL, 1926) (SQUAMATA: AGAMIDAE) EN PARAGUAY

Joerg Richard Vetter^{1*}, María Fátima Rodríguez², Edith Ruiz Díaz², & Héctor Ramón López³

¹Departamento de Recursos Faunísticos y Medio Natural, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo 111421 – Paraguay.

²Laboratorio de Microbiología, Centro de Diagnóstico Veterinario del Paraguay, San Lorenzo – Paraguay.

³Don Bicho Biotherium, Fernando de la Mora – Paraguay.

*Correspondence: jvetter@vet.una.py

Received: 2024-03-20. Accepted: 2024-04-16. Published: 2024-06-03.

Editor: Pier Cacciali, Paraguay.

Resumen.– *Devriesea agamarum* es una bacteria gram-positiva asociada a los dragones barbudos (*Pogona vitticeps*), pero con un gran potencial patogénico en lagartos de la familia Agamidae. En este trabajo reportamos un caso de dermatitis asociada a *D. agamarum* en un dragón barbudo en Paraguay, que constituye el primer reporte del patógeno en el país.

Palabras clave.– Actinobacteria, Agamidae, Agar sangre, propóleo.

Abstract.– *Devriesea agamarum* is a gram-positive bacterium associated with bearded dragons (*Pogona vitticeps*), but with great pathogenic potential in lizards of the family Agamidae. In this paper we report a case of dermatitis associated with *D. agamarum* in a bearded dragon in Paraguay, which is the first report of the pathogen in the country.

Key words.– Actinobacteria, Agamidae, Blood agar, propolis.

The bearded dragon (*Pogona vitticeps*) is an agamid member of the class Reptilia, order Squamata, which is native to Australia but is currently one of the most popular pet reptiles worldwide (Raiti, 2012; Johnson & Adwick, 2018). *Devriesea agamarum* is a gram-positive, non-motile actinobacterium, that has been reported as part of the oral microbiota of bearded dragons, but is also associated to cheilitis, dermatitis and septicemia in lizards (Martel et al., 2008; Hellebuyck et al., 2009a). The pathogen, since its description, has been associated as causative agent of symptomatic and asymptomatic infections in different lizard species (Martel et al., 2008; Lukac et al., 2013; Schmidt-Ukaj et al., 2014; Gallego et al., 2018). The objective of this work is to report the presence of *D. agamarum* in skin lesions of a captive bearded dragon (*Pogona vitticeps*) in Paraguay.

An adult, female, bearded dragon (*P. vitticeps*) was brought to the Wild Animal Practice in the Facultad de Ciencias Veterinarias,

Universidad Nacional de Asunción, Paraguay, for clinical evaluation following confiscation by the Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES, Ministry of the Environment and Sustainable Development in Spanish). The animal had a weight of 405 g, with a good body condition. Since the animal came from a seizure, no background data could be obtained as to age, feeding, husbandry, etc. The patient kept a healthy appetite, and immediately accepted morio worm (*Zophobas morio*) and cockroaches (*Blattella germanica* and *Nauphoeta cinerea*).

Upon clinical inspection, the patient presented hyperkeratotic dermatitis in the center of the chest, abdomen, and left arm, with scaling (Fig. 1). One finger in the left hand was lost, associated to one of the lesions. The wounds in the center of the thorax and in the left hand were debrided with sterile instruments, and the interior was swabbed. The swabs, as well as the removed scales, were deposited in sterile tubes with Stuart medium and sent to

the Centro de Diagnóstico Veterinario del Paraguay (Cedivep, Center for veterinary diagnostics of Paraguay, in Spanish). The wounds were treated topically with 20% propolis tincture once a day (Vetter & Pintos, 2023) while awaiting the culture, and eventually healed completely after 20 days, without using antibiotics.

The skin swab was cultured in two plates with Tryptone Soya Agar (Oxoid® - Ref: CM131B) (with 5% of sheep blood)

and one plate with McConkey Agar (Oxoid® - Ref: CM0115B). The McConkey plate and one blood agar plate were incubated aerobically at 37°C, while another blood agar plate was incubated in microaerophilia (5% CO₂ atmosphere) at 37°C. After 48 hours, smooth, mucoid, whitish, small colonies surrounded by a narrow zone of haemolysis were observed on the plate incubated in microaerophilia (Fig. 2), but no growth was observed in other plates. Gram stain from isolated strain showed Gram-positive short rods (Fig. 3). They were positive to catalase test



Figura 1. Lesiones cutáneas hiperqueratósicas y descamativas en el centro del tórax, abdomen y brazo izquierdo de un individuo de *Pogona vitticeps*. Foto: J. Richard Vetter & Héctor R. López.

Figure 1. Hyperkeratotic and scaling skin lesions in the center of the chest, abdomen, and left arm of an individual of *Pogona vitticeps*. Photo: J. Richard Vetter & Héctor R. López.

(3% hydrogen peroxide), and Cytochrome Oxidase Bioanalyse®-Ref: ASD07230) test was negative. To determine a biochemical profile, Sulfide indole motility (SIM) (SIM Medio, Britania®- Ref: B0213105) was negative, Triple Sugar Iron (TSI) (Oxoid®-Ref: CMO277) turned weakly acid/acid, and Urease test (Ureasa agar base, Oxoid®- Ref: CMO053) was weak positive. The results were compatible with *Devriesea agamarum* (Martel et al., 2008).

Routine examination of lizards, particularly *Uromastyx* spp., *Agama impalearis*, *Crotaphytus collaris*, *Sauromalus obesus*, and *P. vitticeps*, will allow quick detection of suspicious crusting and dermatitis, paying special attention to the mouth, cloaca, elbows

and knees, where hyperkeratotic dermal lesions, swelling, and plaque formation should include *D. agamarum* as a differential (Pasmans et al., 2008; Hellebuyck et al., 2009a). No other biochemical tests were performed, such as those mentioned by Marten et al. (2008). Clinical lesions with the characteristics of the isolated strain proved to be an important guide to determine that the isolated strain is *D. agamarum*; however, a greater number of biochemical tests are necessary, as well as molecular test, to confirm the strain. As the isolated bacteria is unconventional, it is not found in standard manuals such as the CLSI (Clinical & Laboratory Standards Institute) and for this reason the antibiogram was not performed.



Figura 2. Colonias lisas, mucoides, blanquecinas, pequeñas, rodeadas de una zona estrecha de hemólisis en el agar triptona-soja con 5% de sangre de oveja, cultivadas en microaerofilia durante 48 horas. Fotografía: M. Fátima Rodríguez & Edith Ruiz Díaz.

Figure 2. Smooth, mucoid, whitish, small colonies surrounded by a narrow zone of haemolysis in the tryptone-soy agar with 5% sheep blood, cultured in microaerophilia for 48 hours. Photograph: M. Fátima Rodríguez & Edith Ruiz Díaz.

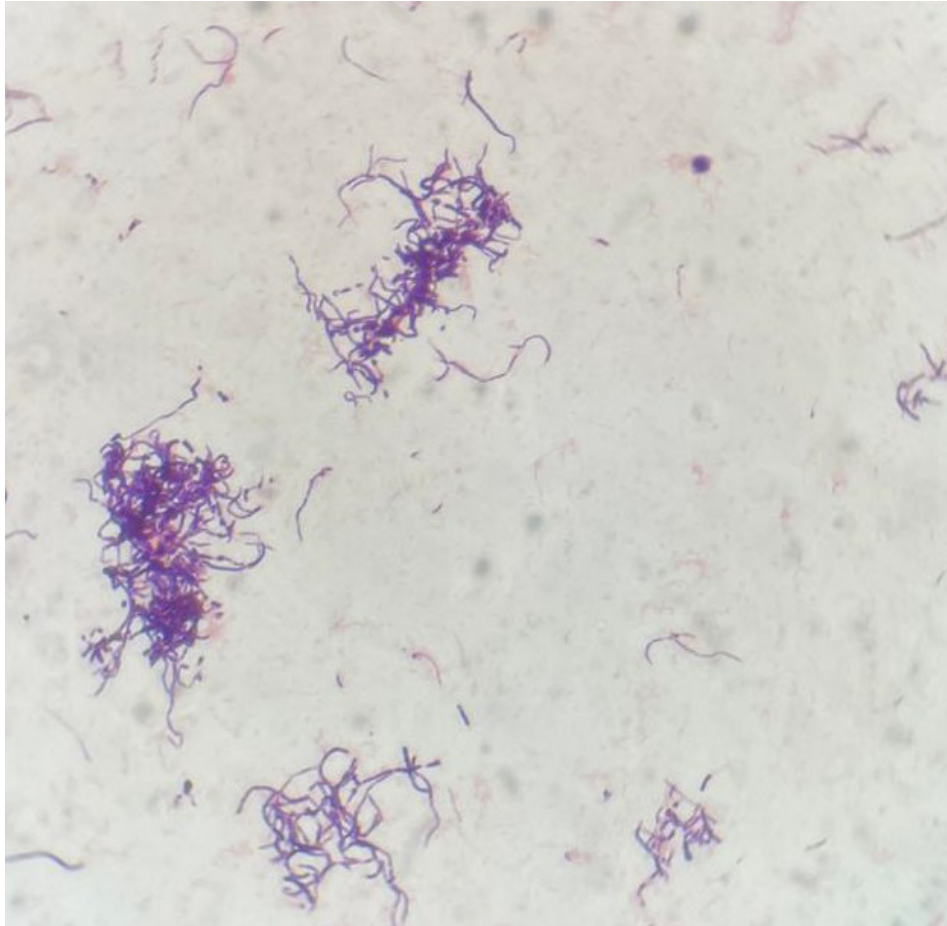


Figura 3. Bacilos cortos gram-positivos aislados del cultivo obtenido. Gram, 100X. Fotografía: M. Fátima Rodríguez & Edith Ruiz Díaz.

Figure 3. Gram-positive short rods isolated from the obtained culture. Gram, 100X. Photograph: M. Fátima Rodríguez & Edith Ruiz Díaz.

Devriesea agamarum is highly resistant in the environment and a single clone of the pathogen can become endemic in a captive colony, persistently causing severe disease, adding to the challenge that eliminating the pathogen from a collection can be difficult as all clinically infected animals require treatment as well as environmental decontamination, without even considering asymptomatic infections and reservoirs (Hellebuyck et al., 2011; Devloo et al., 2011). Different effective treatments have been reported, such as third-generation cephalosporins, ceftiofur hydrochloride, and topical chlorhexidine (Hellebuyck et al., 2009b; Lukac et al., 2013; Schmidt-Ukaj et al., 2014; Gallego et al., 2018).

The bacteria in this case could have been inoculated through bite wounds, as the entity has been isolated from oral samples and is considered part of the oral microbiota in healthy bearded dragons (Hellebuyck et al., 2009a; Bauwens et al., 2014; Kubiak,

2020). The diagnostic exams include molecular tests performed on oral and tissue samples (Bauwens et al., 2014; Brockmann et al., 2023), which can now be applied in Paraguay as the presence of the pathogen has been confirmed. The present report demonstrates the occurrence of *D. agamarum* in a bearded dragon in Paraguay, which has to be taken into account when managing lizard collections, and as a differential diagnosis whenever skin lesions are detected in these species.

Acknowledgments.- The authors wish to thank Dr. Victoria Hermosilla (CEDIVEP) who collaborated with the lab work. The animal was handed over to the professionals as stated in the Inspection Act N°10533/2023 of the Ministry of Environment and Sustainable Development. Animal handling and sampling were carried out in accordance with the Paraguayan animal welfare law (Ley 4840/13).

CITED LITERATURE

- Bauwens, L. 2014. Prevalence of *Devriesea agamarum* in the lizard collection of The Royal Zoological Society of Antwerp. *Journal of Zoo and Aquarium Research* 2:88-91.
- Brockmann, M., C. Leineweber, T. Hellebuyck, A. Martel, F. Pasmans, M. Gentil, E. Müller, R. E. Marschang. 2023. Establishment of a Real-Time PCR Assay for the Detection of *Devriesea agamarum* in Lizards. *Animals* 13:881.
- Devloo, R., A. Martel, T. Hellebuyck, K. Vranckx, F. Haesebrouck & F. Pasmans. 2011. Bearded dragons (*Pogona vitticeps*) asymptotically infected with *Devriesea agamarum* are a source of persistent clinical infection in captive colonies of dab lizards (*Uromastyx sp.*). *Veterinary Microbiology* 150:297-301.
- Gallego, M., C. Juan-Sallés & T. Hellebuyck. 2018. *Devriesea agamarum* associated cheilitis in a North African spiny-tailed lizard (*Uromastyx acanthinura*) in Spain. *Open Veterinary Journal* 8:224-228.
- Hellebuyck, T., A. Martel, K. Chiers, F. Haesebrouck & F. Pasmans. 2009a. *Devriesea agamarum* causes dermatitis in bearded dragons (*Pogona vitticeps*). *Veterinary Microbiology* 134:267-271.
- Hellebuyck, T., F. Pasmans, F. Haesebrouck & A. Martel. 2009b. Designing a successful antimicrobial treatment against *Devriesea agamarum* infections in lizards. *Veterinary Microbiology* 139:189-192.
- Hellebuyck, T., F. Pasmans, M. Blooi, F. Haesebrouck & A. Martel. 2011. Prolonged environmental persistence requires efficient disinfection procedures to control *Devriesea agamarum*-associated disease in lizards. *Letters in Applied Microbiology* 52:28-32.
- Johnson, R. & S. Adwick. 2018. Central bearded dragons (*Pogona vitticeps*). Pp. 395-411. In J. Yeates (Ed.), *Companion Animal Care and Welfare: The UFAW Companion Animal Handbook*. Wiley, Oxford, UK.
- Kubiak, M. 2020. Bearded dragons. Pp. 219-240. In M. Kubiak (Ed.), *Handbook of Exotic Pet Medicine*. Wiley, Hoboken, New Jersey, USA.
- Lukac, M., D. Horvatek-Tomic & E. Prukner-Radovic. 2013. Findings of *Devriesea agamarum* associated infections in spiny-tailed lizards (*Uromastyx sp.*) in Croatia. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 44:430-434.
- Martel, A., F. Pasmans, T. Hellebuyck, F. Haesebrouck & P. Vandamme. 2008. *Devriesea agamarum* gen. nov., sp. nov., a novel actinobacterium associated with dermatitis and septicemia in agamid lizards. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 58:2206-2209.
- Pasmans, F., S. Blahak, A. Martel & N. Pantchev. 2008. Introducing reptiles into a captive collection: the role of the veterinarian. *The Veterinary Journal* 175:53-68.
- Raiti, P. 2012. Husbandry, diseases, and veterinary care of the bearded dragon (*Pogona vitticeps*). *Journal of Herpetological Medicine and Surgery* 22:117-131.
- Schmidt-Ukaj, S., I. Loncaric, A. Klang, J. Spersger, A.C. Häbich & Z. Knotek. 2014. Infection with *Devriesea agamarum* and *Chrysosporium guarroi* in an inland bearded dragon (*Pogona vitticeps*). *Veterinary Dermatology* 25:555-e97.
- Vetter-Hiebert, J.R. & S.R. Pintos-Casamayouret. 2023. Dog bite trauma resolution in tortoise (*Chelonoidis chilensis*) by use of propolis tincture. *Journal of the Selva Andina Animal Science* 10:61-71.



FIRST RECORD OF THE RING-NECKED COFFEE SNAKE *NINIA DIADEMATA* BAIRD & GIRARD, 1853 (SQUAMATA: DIPSADIDAE) FOR QUINTANA ROO, MEXICO

PRIMER REGISTRO DE LA CULEBRA DE CAFETAL DE COLLAR *NINIA DIADEMATA* BAIRD & GIRARD, 1853 (SQUAMATA: DIPSADIDAE) PARA QUINTANA ROO, MÉXICO

Pedro E. Nahuat-Cervera^{1,2*} & J. Ismael Arellano-Ciau³

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

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

³Ichi Tours. Calle 38 x 35 y 37, centro, C.P. 97780, Valladolid, Yucatán, México.

*Correspondence: pedro.nahuat4@gmail.com

Received: 2024-01-26. Accepted: 2024-04-13. Published: 2024-06-03.

Editor: César Antonio Ríos-Muñoz, México

Ninia diademata is a species belonging to the family Dipsadidae, which has previously been differentiated from Colubridae through phylogenetic analyses (Grazziotin et al., 2012). It is reported as a small-sized snake with total length (TL) up to 42 cm. Its dorsal coloration is opaque black with a cream, yellow,

or orange collar that originates from the posterior margin of the parietal scales and is usually interrupted mid-dorsally and is continuous with the light coloration of the chin and labial scales. The scale rows 1 to 3 have a yellow spot in the middle, while the venter is pale gray with irregular spots. The eyes are moderately

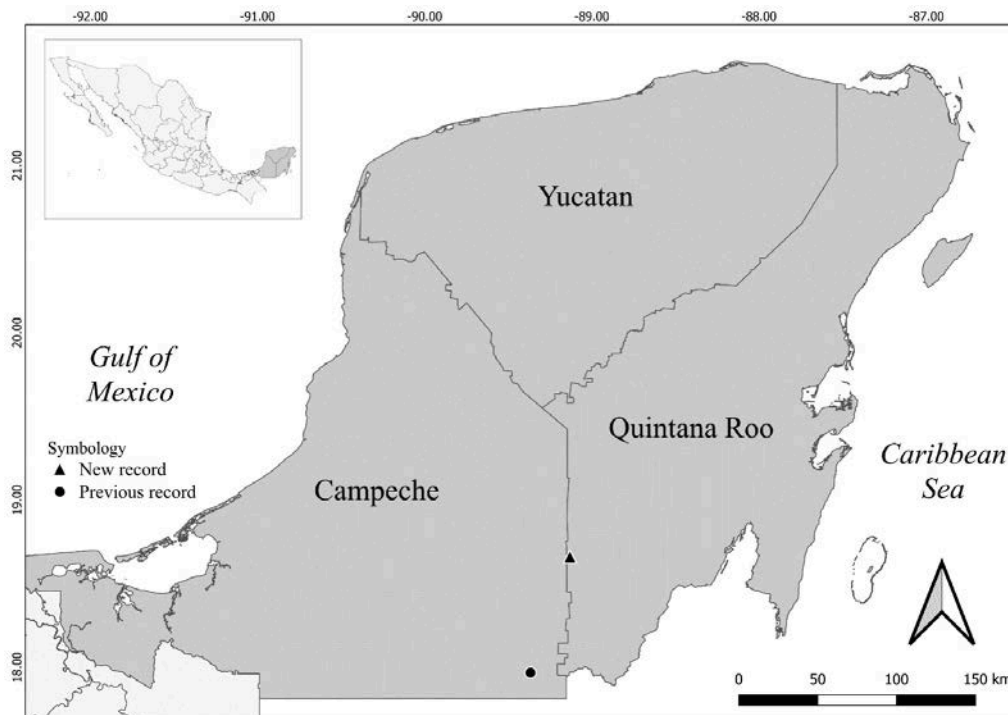


Figura 2. Nuevo registro (triángulo) y registro previo (círculo) de *Ninia diademata* en la porción mexicana de la Península de Yucatán.

Figure 2. New record (triangle) and previous record (circle) of *Ninia diademata* in the Mexican portion of the Yucatan Peninsula.



Figura 2. Fotografía in situ de *Ninia diademata*. / **Figure 2.** In situ photograph of *Ninia diademata*.

small with rounded pupils, and the scales of the dorsum are strongly keeled (Lee, 1996; Heimes, 2016).

This species inhabit evergreen seasonal forest, tropical lowlands, mountain rain forest, cloud forest and marginally pine-oak forest. It is nocturnal, active during the night in search of its food, which typically consists of slugs and snails. During the day, it seeks refuge under the leaf litter on the forest floor or in rotten logs (Heimes, 2016; Ángel-Hernández et al., 2022).

Its species occurs in the Mexican states of Chiapas, Hidalgo, Oaxaca, Puebla, Queretaro, San Luis Potosí, Tabasco, and Veracruz, to Guatemala, Belize, and Honduras, in Central America (Lee, 1996; Heimes, 2016; Ángel-Hernández et al., 2022). Lee (1996) documented the presence of this species in Petén Department, Guatemala, and in the Mexican portion of the Yucatan peninsula, *N. diademata* has been recorded only in one

locality in southern Campeche, within the Calakmul Biosphere Reserve (Colston et al., 2015; Barão-Nóbrega et al., 2022).

On November 7th, 2023, at 19:49 h, while conducting a herping tour looking for frogs, we encounter an adult *N. diademata* (TL ca. 30 cm) actively moving on the ground near to a small lake in tropical semi-evergreen forest, at 6.8 km southern Nuevo Becar, municipality of Othón P. Blanco, Quintana Roo, Mexico (18.662326, -89.131400, WGS 84, 139 m a.s.l.) (Fig. 1). The snake was photographed in situ (Fig. 2) and subsequently captured for species identification and validation purposes (Fig. 3A, B). After documentation, it was released back into the same area where it was initially found. The species of this snake was confirmed by Dr. J. Rogelio Cedeño-Vázquez, and one of the photographs (Fig. 3A) was deposited in the digital collection of the Centro de Investigaciones Biológicas of the Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, with voucher number CH-CIB-152.



Figura 3. Fotografía dorsal (A) y ventral (B) de *Ninia diademata*. / **Figure 3.** Dorsal (A) and ventral (B) photograph of *Ninia diademata*.

This record is 80.6 km northeast the closest record in the locality of Dos Naciones, Calakmul Biosphere Reserve, municipality of Calakmul, Campeche, Mexico (Colston et al., 2015; Barão-Nóbrega et al., 2022). This observation represents the second known locality in the Mexican portion of the Yucatán Peninsula, and the first record of *N. diademata* in the state of Quintana Roo, Mexico, increasing to 54 the richness of snake species for this state (González-Sánchez et al., 2017; Díaz-Gamboa et al., 2020).

Acknowledgements.- We sincerely thank Cristian for his assistance during the fieldwork, Jose Rogelio Cedeño Vázquez for confirming the species, Roberto Carlos Barrientos Medina for his help in the elaboration of the map, and Irene Goyenechea Mayer Goyenechea for receiving and including the photographs in the Digital Collection at the Centro de Investigaciones Biológicas of the Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

CITED LITERATURE

- Ángel-Hernández, E., M.A. Güizado-Rodríguez & G.A. Woolrich-Piña. 2022. Notas sobre ecología térmica y tamaño corporal de *Ninia diademata* Baird & Girard 1853 en Huitzilán de Serdán, Puebla, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 5:33-36.
- Barão-Nóbrega, J.A.L., P.E. Nahuat-Cervera, I. Avella, G. Capehart, B. García, J. Oakley, A. Theodorou & K. Slater. 2022. Herpetological diversity in Calakmul, Campeche, Mexico: species list with new distribution notes. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 93:e933927.
- Colston, T.J., J.A.L. Barão-Nóbrega, R. Manders, A. Lett, J. Willmott, G. Cameron, S. Hunter, A. Radage, E. Littlefair, R.J. Williams, C.A. López & K. Slater. 2015. Amphibians and reptiles of the Calakmul Biosphere Reserve, México, with new records. *Check List* 11:1759.
- Díaz Gamboa, L.F., D. May Herrera, A. Gallardo Torres, R. Cedeño-Vázquez, V. González-Sánchez, X. Chiappa Carrara & C. Yáñez Arenas. 2020. Catálogo de anfibios y reptiles de la Península de Yucatán. Secretaría de Investigación, Innovación y Educación Superior, Universidad Nacional Autónoma de México. Yucatán, 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 Yucatan Peninsula: composition, distribution, and conservation status. *Mesoamerican Herpetology* 4:263-380.
- Grazziotin, F.G., H. Zaher, R.W. Murphy, G. Scrocchi, M.A. Benavides, Y. Zhang & S.L. Bonatto. 2012. Molecular phylogeny of the New World Dipsadidae (Serpentes: Colubroidea): a reappraisal. *Cladistics* 28:437-459.
- Heimes, P. 2016. *Herpetofauna Mexicana, Vol. I, Snakes of Mexico*. Edition Chimaira, Frankfurt am Main, Germany.
- Lee, J.C. 1996. *The amphibians and reptiles of the Yucatán Peninsula*. Cornell University Press. Ithaca, New York, USA.



HERPETOFAUNA EN LA PARTE ALTA DE LA CUENCA SUR DE MANAGUA

HERPETOFAUNA IN THE UPPER PART OF THE SOUTHERN MANAGUA BASIN

Lester I. Fonseca-Gonzalez^{1*} & Heiner D. Acevedo-Vasquez²

¹Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua), Facultad de Ciencia e Ingeniería, Departamento de Biología. Rotonda Universitaria Rigoberto López Pérez 150 metros al este, Managua, Nicaragua.

²Personal de seguridad en Finca Las Delicias. Bo. Daniel Roa Padilla, Puente Las Pilas 300 vrs. N., Nicaragua.

*Correspondence: lesterisaacsonseca@gmail.com

Received: 2023-08-31. Accepted: 2024-05-14. Published: 2024-06-03.

Editor: Leticia M. Ochoa-Ochoa, México.

Abstract.— Central America is an important region for herpetofauna. It has been considered a hotspot worldwide and contains a high number of endemism. However, the herpetofauna of Nicaragua is one of the least studied in the region. A nine-month study of amphibians and reptiles was carried out in an ecotourism farm in the upper part of the southern basin of Managua, using visual encounter sampling (VES). A total of 37 species were reported, divided into nine amphibians and 28 reptiles. The effective numbers of species (Hill numbers) indicated a higher diversity for site SFL2 and a lower diversity in SFL1 and SFL3, the latter being more similar. These differences were caused by biotic and abiotic factors. The most dominant species was *Agalychnis callidryas* ($n = 228$). The microhabitats with the highest and lowest number of individuals were Pools with Water ($n = 369$) and Buildings ($n = 26$). Six species are in some degree threatened. Finally, we emphasize conservation activities for *Craugastor laevisimus* and propose *A. callidryas* as a flagship species in the area.

Keywords.— Amphibians, El Crucero, Nicaragua, reptiles, premontane forest, Sierras of Managua.

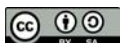
Resumen.— Centroamérica es una región importante para la herpetofauna, tanto así que ha sido considerada un hotspot a nivel mundial y contiene un alto número de endemismo. Sin embargo, la herpetofauna de Nicaragua es una de las menos estudiadas en la región. Se llevó a cabo un estudio de los anfibios y reptiles durante nueve meses en una finca ecoturística en la parte alta de la cuenca sur de Managua, mediante muestreos por encuentro visual (VES). Se reporta un total de 37 especies, divididas en nueve anfibios y 28 reptiles. Los números efectivos de especies (números de Hill) indicaron mayor diversidad para el sitio SFL2 y menor diversidad en SFL1 y SFL3, siendo estos últimos, más similares, dichas diferencias fueron causa de factores bióticos y abióticos. La especie más dominante fue: *Agalychnis callidryas* ($n = 228$). Los microhábitats con mayor y menor número de individuos fueron piletas con agua ($n = 369$) y edificaciones ($n = 26$), respectivamente. Se destacan seis especies que se encuentran en algún grado de amenaza, por último, se enfatiza llevar a cabo actividades de conservación para *Craugastor laevisimus* y se propone *A. callidryas* como especie bandera en la zona.

Palabras clave.— Anfibios, bosque premontano, El Crucero, Nicaragua, reptiles, Sierras de Managua.

INTRODUCCIÓN

Centroamérica es la conexión entre Norteamérica y Sudamérica, siendo una zona biogeográfica importante debido a que contiene flora y fauna de ambos extremos del continente, en el

caso particular de la herpetofauna, esta zona contiene una alta diversidad (Köhler, 2003). Es además, considerada un hotspot a nivel mundial (Mittermeier et al., 2011) con 623 especies



endémicas de una herpetofauna de 1,095 especies (Mata-Silva et al., 2019). A pesar de ser una región sujeta a investigaciones biológicas desde el siglo XIX (Gunther, 1902), Nicaragua ha sido uno de los países menos estudiados en la región, situación que ha empezado a cambiar solo hasta el presente siglo (Sunyer, 2014).

Al mismo tiempo, las amenazas en América Central, son exclusivas del área y otras son más indicativas de fenómenos globales (Spangler, 2015). Por ejemplo, los anfibios enfrentan amenazas como introducción de especies exóticas, la sobreexplotación, el cambio de uso de suelo, el cambio climático, el calentamiento global, las enfermedades infecciosas emergentes, el aumento en el uso de pesticidas y otros químicos tóxicos (Collins & Storer, 2003). Anexo a esto, una de cada cinco especies de reptiles están amenazada de extinción y una de cada cinco especies está clasificada con datos insuficientes, especialmente en los trópicos (Böhm et al., 2013).

Hasta el momento se han registrado 261 especies de anfibios y reptiles en Nicaragua (Sunyer & Martínez-Fonseca, 2019), de las cuales 13 son endémicas al país (HerpetoNica, 2015; Koch et al., 2019) y tres sub especies endémicas (Sunyer et al., 2013; Meza-Lázaro & Nieto-Montes de Oca, 2015). Dicho endemismo tiene elementos asociados a las zonas de altura e islas en el territorio nacional (Pérez et al., 2013).

En el caso del departamento de Managua, existen pocos estudios sistemáticos de anfibios y reptiles, resaltando sitios puntuales en Las Sierras de Managua, específicamente en la Reserva Natural "Chocoyero - El Brujo" (Salgado & Páiz, 2004) y las evaluaciones biológicas llevadas a cabo en la reserva privada "Habitarte - El Bajo" (Medina-Fitoria et al., 2020). Asimismo, se cuenta con una evaluación ecológica rápida (EER) realizada por Gaitán et al. (2005) en el sitio de interés.

La parte alta de la cuenca sur de Managua representa una zona singular ya que ostenta un microclima más húmedo, diferente al resto del trópico seco del Pacífico (Gaitán et al., 2005), el cual se encuentra en alto riesgo de desaparecer a nivel regional (Dinerstein, 1995; MARENA, 1999). Por lo que su flora y fauna se torna de interés, en consecuencia, este estudio tiene como objetivo contribuir al acervo científico de la herpetofauna en el departamento de Managua, a través de la descripción de los anfibios y reptiles en una de las zonas más perturbadas e influenciadas por la cañicultura en el pacífico del país (Fonseca, 2023).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en la denominada parte alta de la cuenca sur de Managua, comprendida en la unidad hídrica 69-95291 (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales et al., 2014), en Finca "Las Delicias" ubicada entre las coordenadas 11°58'23.91" N, 86°17'18.35" W, con un área de 84.53 ha y una altitud de hasta 910 m s.n.m. (CCN - FUNDENIC, 2014). El clima es fresco, con temperaturas promedio anuales entre 18° - 22° C con una precipitación promedio anual entre 1,500-1,600 mm³/año, de los 800 m s.n.m. a mayor altitud no hay presencia de cañícula, además hay un aporte e influencia de humedad proveniente de las nubes y neblina de forma constante casi en todo el año (CCN - FUNDENIC, 2014). Los suelos son de origen volcánicos (Girard & van Wyk de Vries, 2005).

El área presenta un ecosistema premontano tropical con bosques húmedos (Holdridge, 1978; Velásquez et al., 2014). De acuerdo al mapa de uso de suelo proyectado para el municipio de Managua, la zona se considera ambientalmente sensible (ALMA, 2018). Debido a que en el área de estudio el 51.86% de la superficie total tiene pendientes arriba del 40%, por lo cual el relieve es irregular y de acceso limitado en algunos sectores de la finca (CCN - FUNDENIC, 2014).

En el área predominan remanentes de bosques secundarios en regeneración natural, vestigios de bosques maduros, cañadas con riachuelos y áreas asociadas con cultivos de café (Fonseca, 2023). En el sotobosque se pueden encontrar especies de la familia Arecaceae, Heliconiaceae, Urticaceae, Piperaceae, Rubiaceae y hacia el sur carrizo (*Chusquea* sp.), así como diferentes helechos (*Nephrolepis* sp.) y trepadoras (*Montreras* sp.). Esta diversidad de flora en el sotobosque, presta las condiciones para el desarrollo de la herpetofauna en la finca y sus alrededores, donde existen algunas piletas y estanques que mantienen agua de manera permanente facilitando la ovoposición para anfibios, además de ser puntos de abastecimiento de agua para la fauna convirtiéndose en sitios de socialización, alimentación y/o depredación.

Recolecta de Datos

El análisis se basó en un muestreo aleatorio simple (Otzen & Manterola, 2017; Porras-Velásquez, 2017), entre los meses de marzo a noviembre del año 2022, realizando dos salidas al campo por mes, cada recorrido fue de dos horas y media por una sola persona en dos momentos; nocturno (20:00 - 22:30 h) y diurno (07:00 - 09:30 h). La búsqueda de individuos fue realizada mediante muestreos por encuentro visual (Visual



Encounter Surveys, VES; Heyer, et al., 1994; McDiarmid et al., 2012). Adicionalmente, en los recorridos nocturnos se realizaron búsquedas e identificación de anfibios a través de su canto (específico para ranas), (Zimmerman, 1994). Los recorridos se llevaron a cabo en tres senderos ecoturísticos preestablecidos dentro de la finca: Sendero Ruta Educativa del Café (SFLD1), Café Tuco (SFLD2) y Sendero de las Oropéndolas (SFLD3), conjuntamente se determinó la búsqueda de especies en ambas franjas de los senderos con una amplitud estándar de cuatro metros a cada lado. Para cada especie se contabilizó el número de individuos por cada día de monitoreado.

Se definieron seis tipos de microhábitats considerados de acuerdo a la ecología del lugar y aspectos propios de la finca, estos se encuentran en los senderos y contiguo a estos, siendo: Suelo/Hojarasca (S.H.), Piletas con Agua (P.A.), Sotobosque (SO.), Rocas y Troncos (R.T.), Cafetal (CA.) y Edificaciones (ED.).

La identificación taxonómica, distribución y hábitat de las especies se basó en las guías de anfibios y reptiles de Nicaragua (HerpetoNica, 2015; Köhler, 2001), considerando posteriores recomendaciones (McCranie et al., 2019). De igual manera, se consultaron las guías de Costa Rica (Leenders, 2017; Leenders, 2019) e incluimos arreglos taxonómicos como el cambio de *Rhinella marina* a *R. horribilis* (Acevedo et al., 2016), *Iguana rhinolopha* reconocida para gran parte de Centroamérica (Breuil, et al., 2022) y el cambio de *Oxibelis aeneus* a *O. koehleri* (Jadin et al., 2020).

Análisis de datos

Se realizó una curva de acumulación de especies con los estimadores Chao1 y ACE, que han demostrado tener un buen desempeño (Walther & Moore, 2005) y se tomó en cuenta la valoración de los singletons para identificar las especies con un único ejemplar y doubletons para las especies con dos ejemplares (Colwell & Coddington, 1994; Chao, 1984), bajo el supuesto de que al cruzarse estas dos líneas el inventario podría estar completo (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003). Se analizó la información mediante el programa estadístico Estimates versión 9.1 (Colwell, 2013).

Para conocer la riqueza y diversidad de especies en cada sitio estudiado, se empleó el número efectivo de especies, de los primeros tres órdenes de la serie de números de Hill (Hill, 1973). Los cuales son una medida práctica para conocer la diversidad de especies y sus valores son directamente comparables (Jost, 2006; Moreno, 2001); donde $q = 0$, equivale a la riqueza de especies, $q = 1$, es equivalente al exponencial del índice de Shannon ($q1 = \exp [H']$) y $q = 2$, al inverso del índice de Simpson ($q2 = 1 / \lambda$) que representa a las especies dominantes en una comunidad (Jost, 2006). Las comparaciones de estos datos se calcularon en el programa iNEXT online (Chao et al., 2016) con un intervalo de confianza de 95%.

Finalmente, se revisó el estado de conservación de las especies reportadas y se identificó su grado de amenaza, de acuerdo a disposiciones legales como las descritas en el Reglamento de

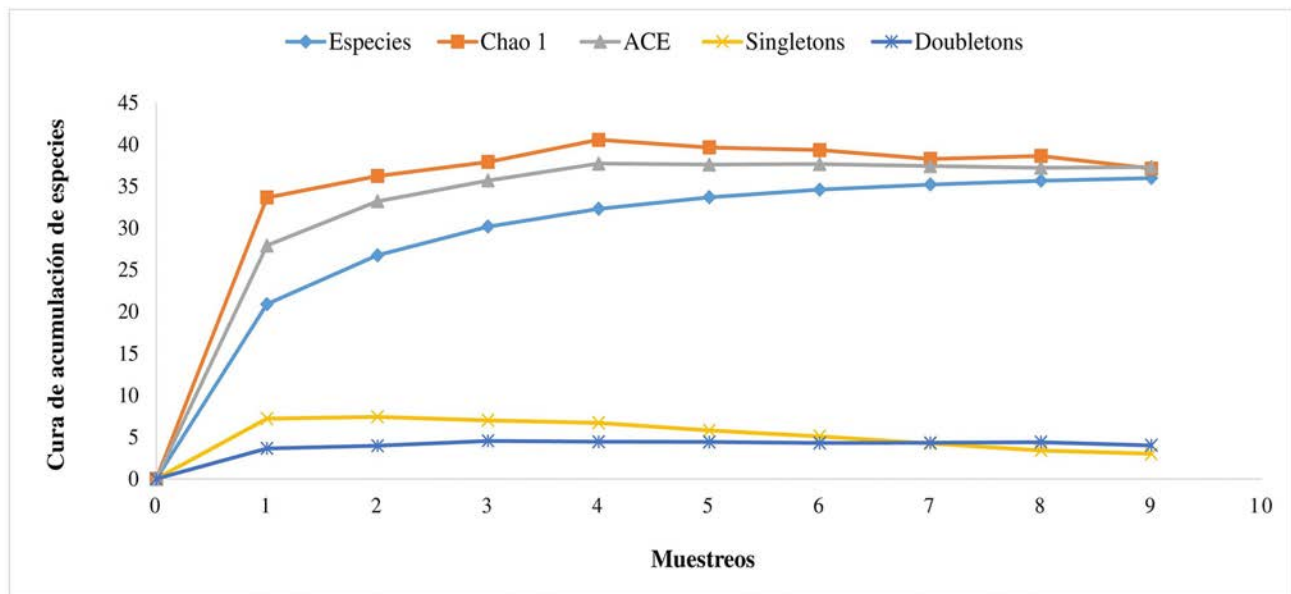


Figure 1. Species accumulation curve. / Figure 1. Curva de acumulación de especies.

Vedas Nacional del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARENA, 2022) y las contenidas en la lista roja de Vertebrados de Nicaragua (CICFA, 2018). Adicionalmente se incluyó la información presentada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2022; IUCN, 2023) y por último se consideraron las que se encuentran en la lista regional de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, CITES (CCAD, 2010) y posteriores actualizaciones luego de su publicación.

RESULTADOS

Se registró un total de 37 especies, divididas en nueve anfibios y 28 reptiles con un total de 1,009 individuos, los anfibios representaron el 51% y los reptiles el 49% de la abundancia total durante el estudio. La composición de anfibios se dividió en seis familias: tres representadas por una especie cada una y tres familias incorporadas por dos especies cada una (Tabla 1). Los reptiles registrados representaron a 15 familias: 11 con una especie cada una y dos familias con dos especies cada una, la familia Dipsadidae, fue representada por cuatro especies y finalmente Colubridae estuvo compuesta por nueve especies (Tabla 2).

La curva de acumulación de especies muestra que el número de especies aumentó en función del esfuerzo de muestreo, por lo tanto, los estimadores muestran una tendencia hacia la asíntota. Esto sugiere que el esfuerzo de muestreo fue representativo para conocer la diversidad de anfibios y reptiles con intervalos

de confianza de 96.98% para Chao1 y 96.48% para ACE, de igual manera los singletones y doubletones fueron consistente con los estimadores antes mencionados (Fig. 1).

La herpetofauna presentó diferencias en cuanto a la cantidad de individuos reportados durante el periodo de monitoreo, presentando mayor actividad durante la temporada de invierno. Los meses con mayor número de registros fueron entre agosto a octubre para los tres sitios. SFL1 y SFL2 presentaron un aumento gradual en el número de individuos a partir del mes de junio (Fig. 2).

La riqueza de especies fue mayor en SFL2 ($q_0 = 30$), seguido de SFL1 ($q_0 = 28$) y SFL3 ($q_0 = 24$) respectivamente, estos no presentaron diferencias significativas. Por su parte, en términos de especies comunes (q_1), SFL2 obtuvo los resultados más altos con diferencias significativas respecto a SFL1 y SFL3. De acuerdo a las especies dominantes (q_2), SFL2 y SFL1 tuvieron diferencias significativas, en cambio, SFL3 no obtuvo diferencias significativas con los demás sitios (Fig. 3). El microhábitat con mayor presencia de la herpetofauna fue P.A. ($n = 369$), seguido por S.H. ($n = 350$). Los microhábitats menos representativos fueron C.A. y ED con igual cantidad de individuos reportados en cada microhábitat ($n = 30$) (Fig. 4).

Conservación de especies

Entre los anfibios, la Ranita de tierra (*Craugastor laevis*) se encuentra en peligro de extinción (IUCN, 2023) y es la única especie que se encuentra catalogada como "vulnerable" a nivel

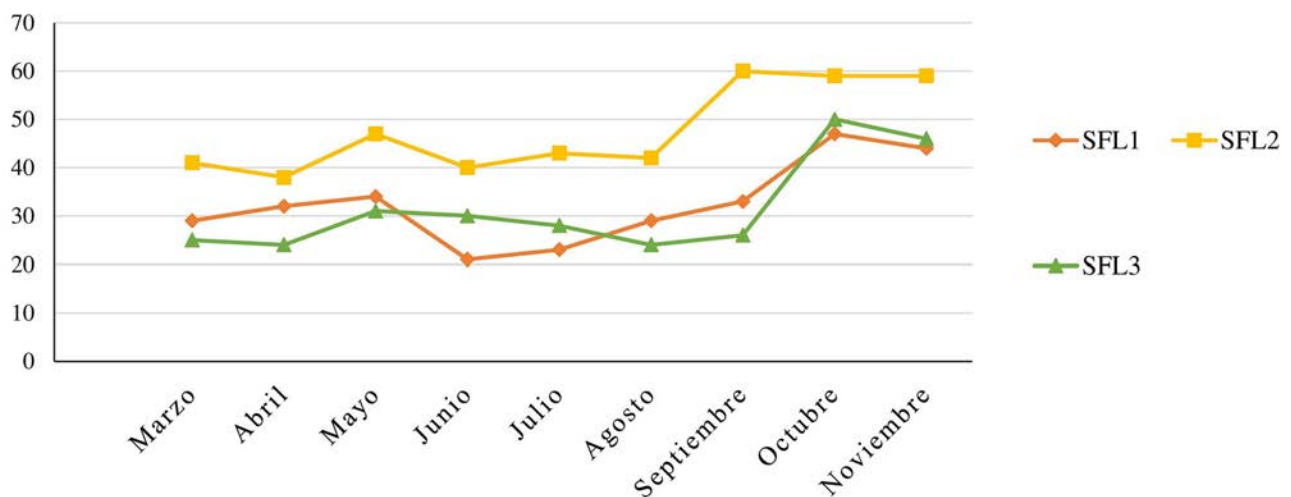


Figure 2. Monthly variation in the number of individuals per trail. / Figura 2. Variación mensual de la cantidad de individuos por sendero.

Table 1. Amphibian composition and number of individuals per trail studied with their conservation status. SFL: Trails “Finca Las Delicias” 1, 2 and 3. Conservation status: LC: Least Concern, EN: Endangered, VU: Vulnerable. CITES Appendices: II. VPN: National Partial Ban.

Tabla 1. Composición de anfibios, número de individuos y su estado de conservación por sendero estudiado. SFL: Senderos “Finca Las Delicias” 1, 2 y 3. Estado de Conservación: LC: Preocupación menor, EN: En Peligro, VU: Vulnerable. Apéndices CITES: II. VPN: Veda Parcial Nacional.

| Especies | Áreas estudiadas | | | Estado de conservación | | | |
|----------------------------------|------------------|------|------|------------------------|-------|-------|------------|
| | SFL1 | SFL2 | SFL3 | IUCN | CITES | Vedas | Lista roja |
| Dermophiidae | | | | | | | |
| <i>Dermophis mexicanus</i> | 1 | 0 | 2 | LC | | | |
| Bufoidea | | | | | | | |
| <i>Rhinella horribilis</i> | 8 | 9 | 8 | - | | | |
| <i>Incilius luetkenii</i> | 3 | 0 | 6 | LC | | | |
| Craugastoridae | | | | | | | |
| <i>Craugastor laevisimus</i> | 0 | 0 | 1 | EN | | | VU |
| Hylidae | | | | | | | |
| <i>Smilisca baudinii</i> | 9 | 43 | 31 | LC | | | |
| <i>Agalychnis callidryas</i> | 89 | 112 | 87 | LC | II | VPN | |
| Leptodactylidae | | | | | | | |
| <i>Engystomops pustulosus</i> | 7 | 6 | 0 | LC | | | |
| <i>Leptodactylus melanonotus</i> | 8 | 19 | 6 | LC | | | |
| Microhylidae | | | | | | | |
| <i>Hypopachus variolosus</i> | 6 | 24 | 28 | LC | | | |

nacional (CICFA, 2018). En otro sentido, la Rana ojos rojos (*Agalychnis callidryas*), el Garrobo Negro (*Ctenosaura similis*), la Iguana Verde (*Iguana rhinolopha*), la Boa (*Boa imperator*) y el Coral Verdadero (*Micrurus nigrocinctus*) se encuentran enlistadas en los apéndices de CITES (CCAD, 2010) y en la categoría de veda parcial nacional (MARENA, 2022), a excepción de *M. nigrocinctus*.

DISCUSIÓN

Las 37 especies reportadas, representan el 14.17% de la herpetofauna más reciente en Nicaragua (Sunyer & Martínez-Fonseca, 2019). En los anfibios (Fig. 5), la familia Bufonidae es considerada como la familia más común en el Pacífico de Nicaragua y presente en todo el país (HerpetoNica, 2015). Entre los reptiles (Figs.6 y 7), la familia Colubridae es la más numerosa en Nicaragua y diversa en tamaño, formas, colores y comportamiento (HerpetoNica, 2015). De acuerdo a la curva de acumulación de especies, ambos estimadores obtuvieron resultados consistentes con los intervalos de confianza ($\geq 90\%$).

Los singletones y doubletones se cruzaron entre sí, lo que sugiere que el muestreo fue representativo para conocer la herpetofauna. Sin embargo, aún podrían encontrarse más especies, debido a que la completitud no fue del 100%.

La variación en las precipitaciones tiende a influir en la movilidad y cotidianidad de la fauna silvestre (Moreno-Rueda & Pizarro, 2009; Milanovich et al., 2006; Hernández et al., 2005) esta influencia es aún más perceptible en la herpetofauna (Huey, et al., 2009; García & Cabrera-Reyes, 2008). En los tres senderos se observó una disminución de individuos en los dos primeros meses de monitoreo, los cuales coinciden con la estación seca e inicio de la temporada de lluvias en Nicaragua. Se reportó un leve aumento en el número de individuos encontrados en el mes de mayo con fluctuación en los meses posteriores. El hecho de que SFL2 presente un comportamiento distinto, podría atribuirse a las características propias de la finca, debido a que es una zona con topografía irregular, por tal motivo este sitio presenta más altura y humedad en comparación con los demás, lo que podría

Table 2. Composition of reptiles and number of individuals per trail studied with their conservation status. SFL: Finca “Las Delicias” Trails 1, 2 and 3. Conservation status: LC: Least Concern, EN: Endangered, VU: Vulnerable. CITES Appendices: II. VPN: National Partial Ban.

Tabla 2. Composición de reptiles y número de individuos por sendero estudiado con su estado de conservación. SFL: Senderos “Finca Las Delicias” 1, 2 y 3. Estado de Conservación: LC: Preocupación menor, EN: En Peligro, VU: Vulnerable. Apéndices CITES: II. VPN: Veda Parcial Nacional.

| Especies | Áreas estudiadas | | | Estado de conservación | | | |
|------------------------------------|------------------|------|------|------------------------|-------|-------|------------|
| | SFL1 | SFL2 | SFL3 | IUCN | CITES | Vedas | Lista roja |
| Kinosternidae | | | | | | | |
| <i>Kinosternon scorpioides</i> | 0 | 1 | 0 | - | | | |
| Dactyloidae | | | | | | | |
| <i>Anolis cupreus</i> | 0 | 4 | 0 | LC | | | |
| <i>Anolis biporcatus</i> | 23 | 36 | 9 | LC | | | |
| Eublepharidae | | | | | | | |
| <i>Coleonyx mitratus</i> | 1 | 0 | 0 | LC | | | |
| Gekkonidae | | | | | | | |
| <i>Hemidactylus frenatus</i> | 0 | 21 | 2 | LC | | | |
| Phyllodactylidae | | | | | | | |
| <i>Phyllodactylus tuberculosus</i> | 0 | 2 | 0 | LC | | | |
| Gymnophthalmidae | | | | | | | |
| <i>Gymnophthalmus speciosus</i> | 4 | 16 | 8 | LC | | | |
| Iguanidae | | | | | | | |
| <i>Ctenosaura similis</i> | 4 | 13 | 0 | LC | II | VPN | |
| <i>Iguana rhinolopha</i> | 6 | 7 | 0 | LC | II | VPN | |
| Scincidae | | | | | | | |
| <i>Marisora brachypoda</i> | 2 | 0 | 0 | LC | | | |
| Phrynosomatidae | | | | | | | |
| <i>Sceloporus variabilis</i> | 56 | 47 | 17 | LC | | | |
| Sphaerodactylidae | | | | | | | |
| <i>Gonatodes albogularis</i> | 0 | 11 | 11 | LC | | | |
| Teiidae | | | | | | | |
| <i>Holcosus undulatus</i> | 39 | 21 | 47 | LC | | | |
| Boidae | | | | | | | |
| <i>Boa imperator</i> | 1 | 3 | 0 | LC | II | VPN | |
| Colubridae | | | | | | | |
| <i>Scolecophis atrocinctus</i> | 0 | 2 | 0 | LC | | | |
| <i>Stenarrhina freminvillei</i> | 3 | 5 | 1 | LC | | | |
| <i>Tantilla vermiformis</i> | 0 | 1 | 0 | LC | | | |

Table 2 (cont.). Composition of reptiles and number of individuals per trail studied with their conservation status. SFL: Finca “Las Delicias” Trails 1, 2 and 3. Conservation status: LC: Least Concern, EN: Endangered, VU: Vulnerable. CITES Appendices: II. VPN: National Partial Ban.

Tabla 2 (cont.). Composición de reptiles y número de individuos por sendero estudiado con su estado de conservación. SFL: Senderos “Finca Las Delicias” 1, 2 y 3. Estado de Conservación: LC: Preocupación menor, EN: En Peligro, VU: Vulnerable. Apéndices CITES: II. VPN: Veda Parcial Nacional.

| Especies | Áreas estudiadas | | | Estado de conservación | | | |
|---------------------------------|------------------|------|------|------------------------|-------|-------|------------|
| | SFL1 | SFL2 | SFL3 | IUCN | CITES | Vedas | Lista roja |
| <i>Masticophis mentovarius</i> | 1 | 2 | 5 | LC | | | |
| <i>Lampropeltis abnormalis</i> | 2 | 4 | 0 | LC | | | |
| <i>Mastigodryas melanolomus</i> | 6 | 1 | 1 | LC | | | |
| <i>Senticolis triaspis</i> | 2 | 0 | 1 | LC | | | |
| <i>Spilotes pullatus</i> | 1 | 0 | 4 | LC | | | |
| <i>Trimorphodon quadruplex</i> | 0 | 2 | 1 | LC | | | |
| Dipsadidae | | | | | | | |
| <i>Imantodes gemmistratus</i> | 9 | 6 | 2 | LC | | | |
| <i>Ninia sebae</i> | 1 | 3 | 2 | LC | | | |
| <i>Sibon nebulatus</i> | 1 | 5 | 2 | LC | | | |
| <i>Leptodeira nigrofasciata</i> | 1 | 1 | 0 | LC | | | |
| Elapidae | | | | | | | |
| <i>Micrurus nigrocinctus</i> | 1 | 3 | 2 | LC | III | | |

promover un hábitat más idóneo para la herpetofauna, sobre todo para los anfibios (Wilson & McCranie, 2003).

En la estación seca, la presencia de lagartijas terrestres como Piche común (*Sceloporus variabilis*) y Lagartija o Chomba lucia (*Holcosus undulatus*) fue más distintiva, por el contrario, durante la estación lluviosa, los anfibios fueron más representativos, en especial por una sola especie (*A. callidryas*), dichas especies fueron observadas en todos los meses de monitoreo.

El sitio SFL1 fue el segundo con mayor riqueza de especies, sin embargo, su diversidad fue significativamente similar a SFL3 que SFL2, esto, influenciado por registrar mayor abundancia en el microhábitat S.H. (representado en su mayoría por lagartijas). SFL2 fue el sitio que obtuvo mayor riqueza y abundancia, este se vio influenciado por ser el sendero con mayor altura y por albergar, casi de manera exclusiva, las especies del microhábitat ED., asimismo, fue determinante la abundancia de anfibios, principalmente por el microhábitat P.A., y también presentó la mayor abundancia de reptiles en los tres sitios. Este resultado es similar al trabajo de Medina-Fitoria et al. (2020), quienes mencionan que en la parte alta, de su zona de estudio, reportaron

mayor diversidad y mayor número de individuos durante su monitoreo.

El sitio SFL3 fue el que presentó menor riqueza de especies, aun con esto, la abundancia de este sitio fue significativamente similar con SFL1 y en dicho sitio se reportó el único individuo de *C. laevisimus*. Estudios han demostrado que las comunidades de anfibios y reptiles son diferentes de acuerdo a los microhábitats y que existen diferencias causadas por características geográficas a pequeña escala como la hidrología local, topografía, tipos de suelos y repoblaciones (Doan & Arriaga, 2002; Urbina-Cardona et al., 2006; Folt & Reider, 2013), por lo tanto estos espacios son importantes para la herpetofauna (Bentz et al., 2011).

Entre los anfibios, la especie con mayor abundancia relativa (dominancia) en los tres sitios fue *A. callidryas* ($n = 228$), sin tomar en cuenta la abundante cantidad de huevos que se encontraron durante la mayoría de los meses de estudio. La especie menos común, con solo un reporte, fue *C. laevisimus*. En reptiles las especies más abundantes fueron *S. variabilis* ($n = 120$) y *H. undulatus* ($n = 107$). Las especies menos comunes fueron la Tortuga pecho quebrado (*Kinosternon scorpioides*), el

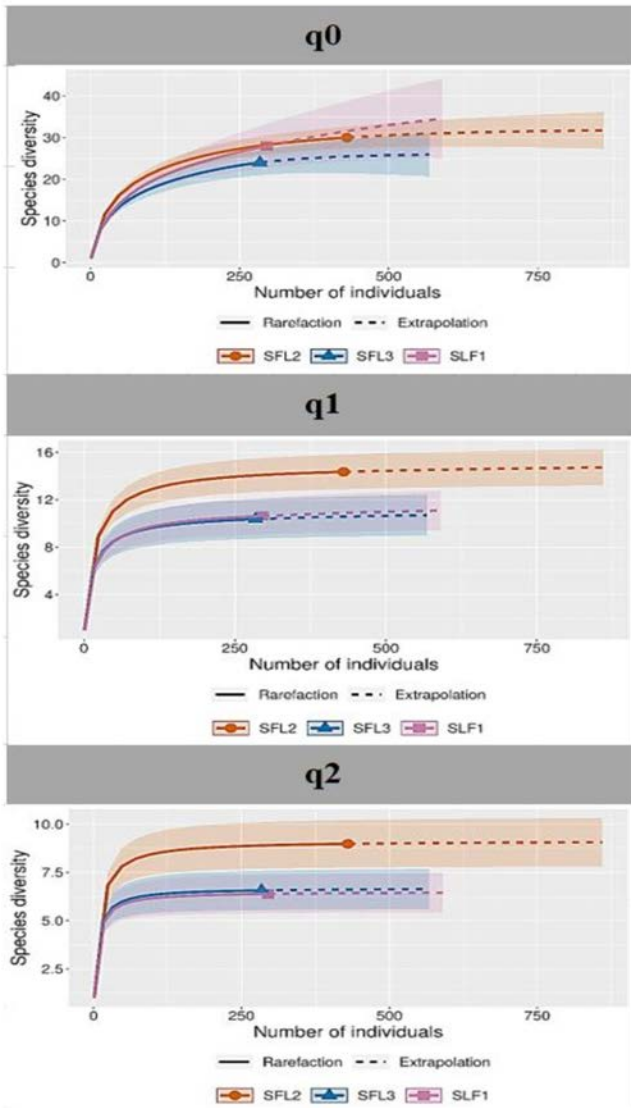


Figure 3 (left). Effective number of species (q0, q1, q2) from the iNEXT. 95% confidence intervals.

Figura 3 (izquierda). Número efectivo de especies (q0, q1, q2) a partir del programa iNEXT. Intervalos de confianza del 95%.

Gecko tigreado (*Coleonyx mitratus*) y la Culebra de tierra (*Tantilla vermiformis*) con un reporte cada una. Las tres especies más abundantes, representaron el 33.9% del total de individuos durante el estudio.

P.A. representó el microhábitat con mayor abundancia, principalmente por anfibios que cohabitan en estos espacios producto de la intervención humana. Al contrario, S.H. fue uno de los microhábitats más distintivos debido a que estos espacios son abiertos y favorecen la presencia de reptiles (lagartijas y ciertas serpientes), las cuales buscan espacios más cálidos con el fin de regular su temperatura corporal (Smith & Ballinger, 2001), por ser animales ectodérmicos (Huey, 1982), dicho microhábitat fue representado principalmente por lagartijas y concurda con Salgado & Páiz (2004) como el microhábitat de mayor abundancia para reptiles en la cuenca sur de Managua.

El microhábitat C.A. fue el menos representativo, posiblemente porque son agroecosistemas, que a pesar de que el café bajo sombra permite un dosel (Moraga et al., 2011; Guido et al., 2008), éste no fue significativo para la presencia de la herpetofauna, además de la presencia de trabajadores de

Figure 4 (below). Microhabitats per studied trail. S.H.: Soil/leaves, P.A.: Water pools, SO: Understory (natural), R.T.: Rock and/or Log, CA: Coffee plantations and ED: Buildings

Figura 4 (abajo). Microhábitats por sendero estudiado. S.H.: Suelo/hojarasca, P.A.: Piletas de Agua, SO.: Sotobosque (natural), R.T.: Roca y/o Tronco, CA.: Cafetales y ED: Edificaciones

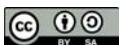
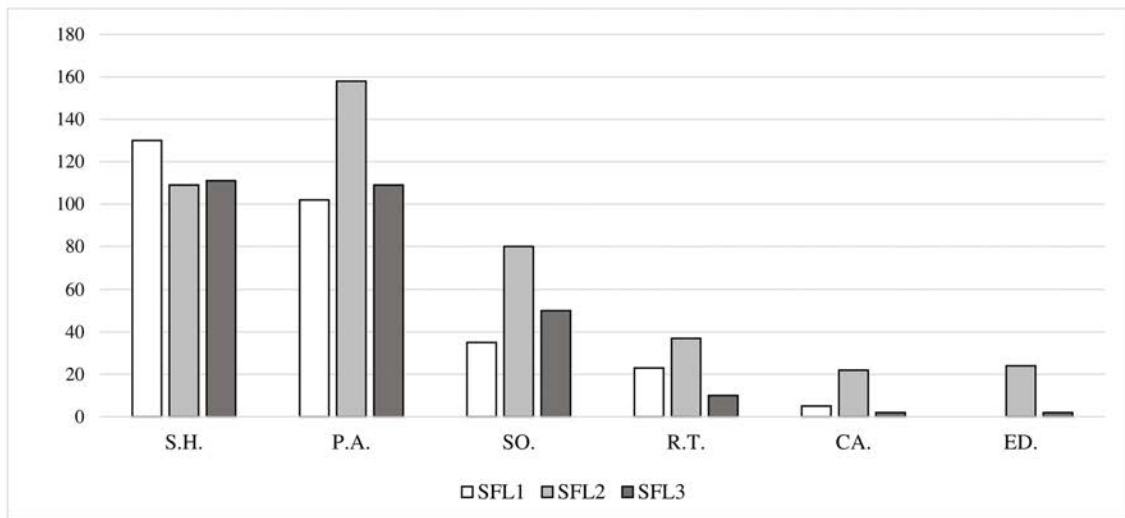




Figure 5. Amphibians observed in the Finca "Las Delicias" located in the upper part of the southern basin of Managua: A) *Dermophis mexicanus*, B) *Rhinella horribilis*, C) *Incilius luetkenii*, D) *Craugastor laevisimus*, E) *Agalychnis callidryas*, F) *Agalychnis callidryas* eggs G) *Smilisca baudinii*, H) *Leptodactylus melanonotus*, I) *Engysptomops pustulosus*, and J) *Hypopachus variolosus*.

Figura 5. Anfibios observados en la Finca "Las Delicias" ubicada en la parte alta de la cuenca sur de Managua: A) *Dermophis mexicanus*, B) *Rhinella horribilis*, C) *Incilius luetkenii*, D) *Craugastor laevisimus*, E) *Agalychnis callidryas*, F) huevos de *Agalychnis callidryas* G) *Smilisca baudinii*, H) *Leptodactylus melanonotus*, I) *Engysptomops pustulosus*, y J) *Hypopachus variolosus*.

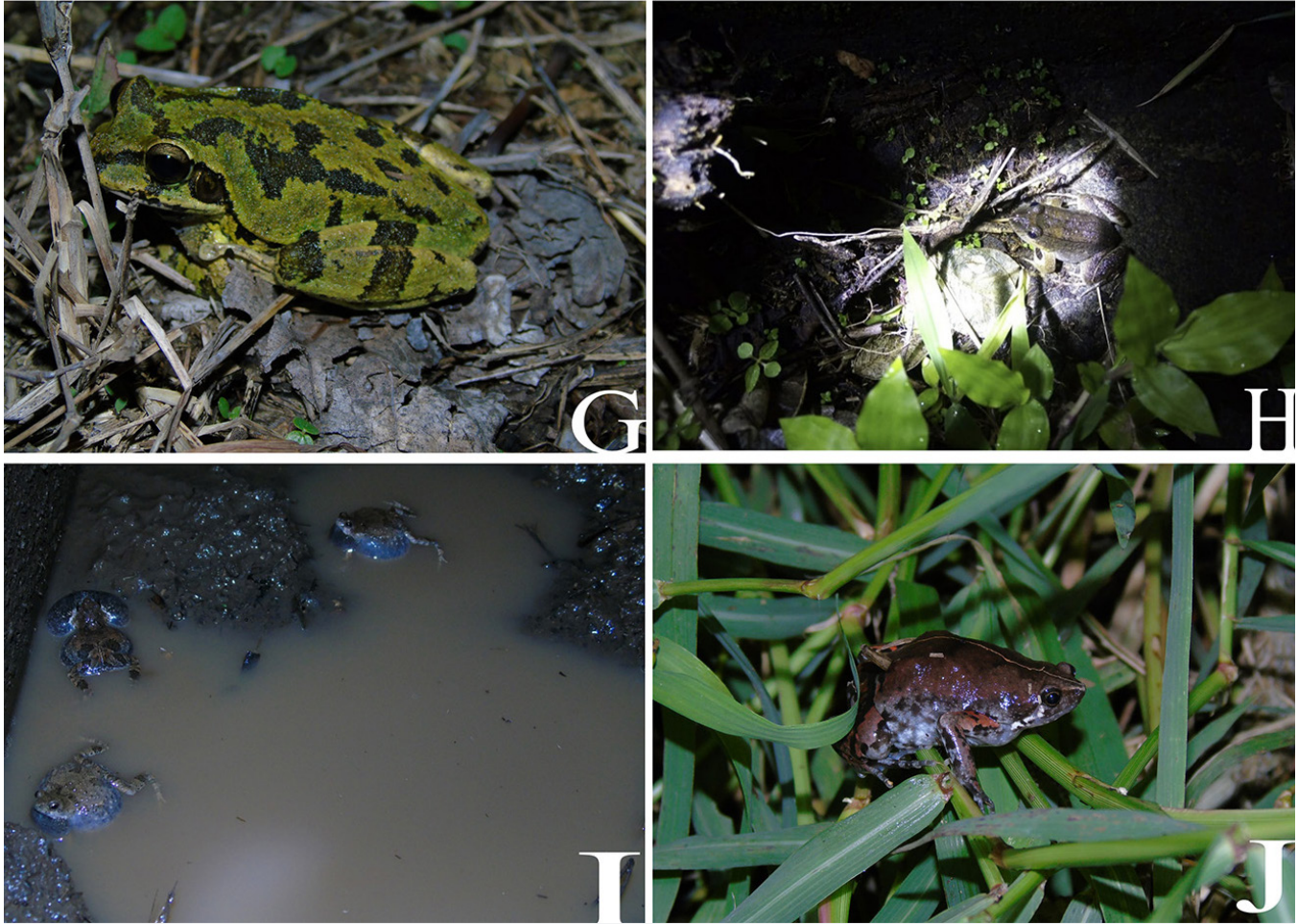


Figure 5 (cont.). Amphibians observed in the Finca “Las Delicias” located in the upper part of the southern basin of Managua: A) *Dermophis mexicanus*, B) *Rhinella horribilis*, C) *Incilius luetkenii*, D) *Craugastor laevisissimus*, E) *Agalychnis callidryas*, F) *Agalychnis callidryas* eggs G) *Smilisca baudinii*, H) *Leptodactylus melanonotus*, I) *Engysptomops pustulosus*, and J) *Hypopachus variolosus*.

Figura 5 (cont.). Anfibios observados en la Finca “Las Delicias” ubicada en la parte alta de la cuenca sur de Managua: A) *Dermophis mexicanus*, B) *Rhinella horribilis*, C) *Incilius luetkenii*, D) *Craugastor laevisissimus*, E) *Agalychnis callidryas*, F) huevos de *Agalychnis callidryas* G) *Smilisca baudinii*, H) *Leptodactylus melanonotus*, I) *Engysptomops pustulosus*, y J) *Hypopachus variolosus*.

manera constante y la falta de conectividad entre los cafetos y remanentes de bosques. Las únicas excepciones fueron: la Culebra Hilo (*Imantodes gemmistratus*), el Cherepo verde (*Anolis biporcatus*) y *A. callidryas*, las cuales se reportaron en algunos cafetos contiguos a piletas de aguas o cercanos a lianas y otras coberturas boscosas a fines. En cambio, ED obtuvo una baja presencia de individuos debido a que es un microhábitat en donde interviene con frecuencia el ser humano. El Chiston o Salamanesca (*Hemidactylus frenatus*) fue el más común, seguido de reportes aislados de algunas serpientes como *B. imperator* y el Falso coral (*Leptodeira nigrofasciata*), cabe destacar que la finca presta las condiciones para el ecoturismo con grupos considerables de personas y estructuras como habitaciones,

ranchos y pasillos, por lo tanto, era de esperar, poca actividad de la herpetofauna en este microhábitat.

En la Reserva Natural “Chocoyero – El Brujo” a 4.4 km de distancia, Salgado & Páiz (2004) reportaron 39 especies, lo que significa un aumento de dos especies en comparación con este estudio, así mismo, registraron mayores datos de riqueza en reptiles que anfibios. No obstante, a diferencia de lo mencionado por estos autores, reportamos mayor abundancia de anfibios que reptiles, esto puede explicarse a la diferente configuración climática de ambos sitios, debido que la finca presenta una zona más húmeda (CCN - FUNDENIC, 2014). Los resultados obtenidos en la mayoría de los microhábitats no fueron

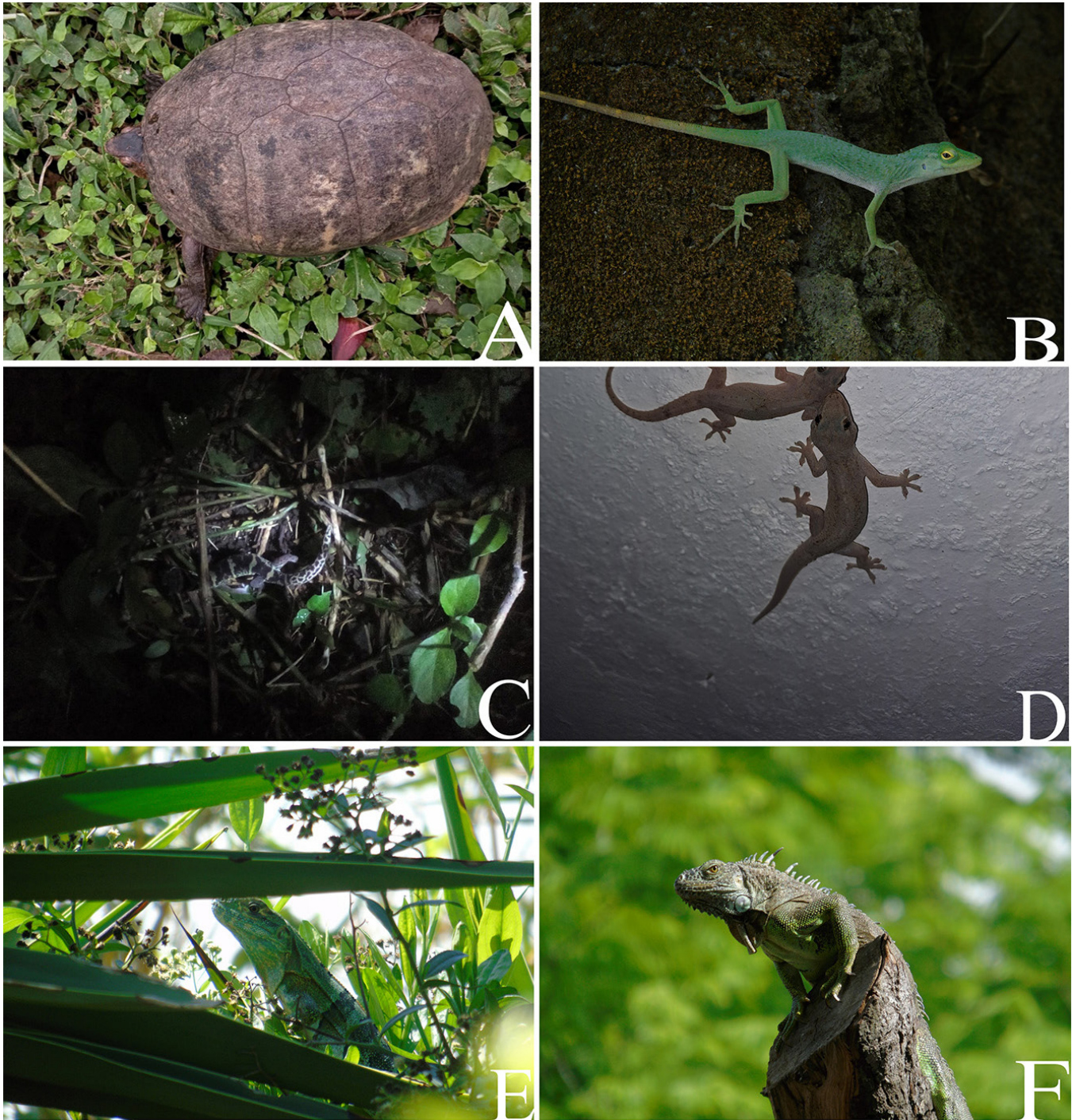


Figure 6. Lizards and turtles observed in the Finca “Las Delicias” located in the upper part of the southern basin of Managua: A) *Kinosternon scorpioides*, B) *Anolis biporcatus*, C) *Coleonyx mitratus*, D) *Hemidactylus frenatus*, E) *Ctenosaura similis*, F) *Iguana rhinolopha*, G) *Marisora brachypoda*, H) *Sceloporus variabilis*, I) *Gonatodes albagularis*, and J) *Holcosus undultus*.

Figura 6. Lagartijas y tortugas observadas en la Finca “Las Delicias” ubicada en la parte alta de la cuenca sur de Managua: A) *Kinosternon scorpioides*, B) *Anolis biporcatus*, C) *Coleonyx mitratus*, D) *Hemidactylus frenatus*, E) *Ctenosaura similis*, F) *Iguana rhinolopha*, G) *Marisora brachypoda*, H) *Sceloporus variabilis*, I) *Gonatodes albagularis*, y J) *Holcosus undultus*.



Figure 6 (cont.). Lizards and turtles observed in the Finca “Las Delicias” located in the upper part of the southern basin of Managua: A) *Kinosternon scorpioides*, B) *Anolis biporcatus*, C) *Coleonyx mitratus*, D) *Hemidactylus frenatus*, E) *Ctenosaura similis*, F) *Iguana rhinolopha*, G) *Marisora brachypoda*, H) *Sceloporus variabilis*, I) *Gonatodes albagularis*, and J) *Holcosus undultus*.

Figura 6 (cont.). Lagartijas y tortugas observadas en la Finca “Las Delicias” ubicada en la parte alta de la cuenca sur de Managua: A) *Kinosternon scorpioides*, B) *Anolis biporcatus*, C) *Coleonyx mitratus*, D) *Hemidactylus frenatus*, E) *Ctenosaura similis*, F) *Iguana rhinolopha*, G) *Marisora brachypoda*, H) *Sceloporus variabilis*, I) *Gonatodes albagularis*, y J) *Holcosus undultus*.

similares, debido a la influencia positiva (Piletas con agua) y negativa (mayor actividad) del ser humano en la finca de estudio. En “HabitarTE – El Bajo” a 4.41 km, Medina-Fitoria et al. (2020) reportaron 50 especies, lo que significa un aumento del 25% de especies e indican que los anfibios fueron los más abundantes y *H. undulatus* fue el reptil más abundante.

Respecto a la conservación de especies; según reportes recientes las poblaciones de *C. laevis* están decreciendo (IUCN, 2023), y *A. callidryas* se incluye en los apéndices de CITES (CCAD, 2010) y en veda parcial nacional (MARENA, 2022), debido al comercio internacional de dicha especie. Ambos anfibios presentan amenazas por la pérdida de hábitat, cambio de uso de suelo y la presencia de especies y enfermedades invasivas

(IUCN, 2022). En cambio, *B. imperator* se encuentra amenazada por ser comercializada como mascota exótica, por uso de su piel en prendas de vestir y como animal de consumo (IUCN, 2023).

Micrurus nigrocinctus se ve en constante asedio al igual que otras especies venenosas por los temores infundados en las personas (Sánchez-Paniagua et al., 2017). Finalmente, *I. rhinolopha* y *C. similis* se encuentran amenazadas por la caza indiscriminada de individuos para consumo humano (IUCN, 2022).

Al igual que las especies en algún grado de amenaza, las especies con distribución endémica regional, deberían tener prioridad de conservación. El único anfibio con distribución restringida es *C. laevis* con distribución binacional entre



Figure 7. Snakes observed in the Finca "Las Delicias" located in the upper part of the southern basin of Managua: A) *Boa imperator*, B) *Tantilla vermiformis*, C) *Lampropeltis abnorma*, D) *Mastigodryas melanolomus*, E) *Imantodes gemmistratus*, F) *Ninia sebae*, G) *Sibon nebulatus*, H) *Geophis satorii*, I) *Micrurus nigrocinctus*.

Figura 7. Serpientes observadas en la Finca "Las Delicias" ubicada en la parte alta de la cuenca sur de Managua: A) *Boa imperator*, B) *Tantilla vermiformis*, C) *Lampropeltis abnorma*, D) *Mastigodryas melanolomus*, E) *Imantodes gemmistratus*, F) *Ninia sebae*, G) *Sibon nebulatus*, H) *Geophis satorii*, I) *Micrurus nigrocinctus*.

Nicaragua y Honduras (Lovich, et al., 2010; Mata-Silva et al., 2019). Las demás especies con distribución restringida en la región Centroamérica, corresponde a reptiles: *Anolis cupreus*,

Scolecophis atrocinctus, *Trimorphodon quadruplex*, *C. mitratus* y *T. vermiformis* (Savage, 2002; Wilson & Williams, 2002; Chaves et al., 2013; Leenders, 2019; Mata-Silva et al., 2019).

Es imperativo aumentar esfuerzos para el estudio, conservación y promoción de estas especies. Actividades como la inclusión en las políticas públicas y la educación ambiental podrían favorecer la conservación de estos anfibios y reptiles en la parte alta de la cuenca sur de Managua, asimismo hacemos énfasis en que se debería de contemplar actividades de investigación y conservación puntuales para *C. laevisimus*.

La percepción carismática de algunas especies puede influir en el estudio y conocimiento de ciertos anfibios (Guerra et al., 2018), tal es el caso de la familia Hylidae (Rivera-Correa et al., 2021). En este sentido, se propone *A. callidryas* como especie bandera en la parte alta de la cuenca sur de Managua, la cual ha sido acogida en Costa Rica y Panamá como especie bandera para la protección de la biodiversidad (De la Cruz, 2004; Fallas, 2016), además, su abundancia en la zona permitirá impulsar el turismo ecológico en la finca y zonas aledañas.

En otro sentido, Nicaragua no está exenta a las externalidades como la presencia de especies exóticas, en México y Centroamérica se han contabilizado 24 especies, reportándose seis en el país (González-Sánchez et al., 2021). De las cuales, solo documentamos la presencia de *H. frenatus*.

Por último, de acuerdo a nuestro análisis documental, indicamos algunas especies, mencionadas previamente en la finca por Gaitán et al. (2005), como *Craugastor cerasinus*, *Drymarchon melanurus*, *Rhinoclemmys pulcherrima*, *Mesoscincus managuae*, *Agkistrodon howardgloydi* y *Crotalus simus*, las primeras dos especies señaladas, fueron anteriormente reportadas en la Reserva Natural “Chocoyero - El Brujo” (Salgado & Páiz, 2004), de la misma manera, en “Habitarde – El Bajo” han sido reportadas las siguientes cuatro especies (Medina-Fitoria et al., 2020). No obstante, ninguna de estas fue divisada en la finca, algunas de éstas potencialmente pudieron desaparecer del sitio (p. ej. *A. howardgloydi* y *C. simus*).

CONCLUSIÓN

Las 37 especies reportadas constituyen una séptima parte de la herpetofauna del país, la riqueza de especies fue mayor en reptiles que anfibios; sin embargo, estos últimos, fueron más abundantes, principalmente por una especie que fue la más dominante (*A. callidryas*), siendo la parte alta de la cuenca sur de Managua uno de los sitios con mayor abundancia de esta especie en el pacífico de Nicaragua.

SFL2 presentó mayor número efectivo de especies (q0, q1, q2), al contrario, SFL1 y SFL3 presentaron resultados similares

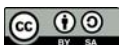
pero más bajos en comparación a SFL2. La composición de especies fue diferente en cada sitio en función a factores como la topografía, microhábitats y la presencia humana. Los resultados sugieren que es importante conservar los sitios con mayor altura y los microhábitats: Piletas con Agua y Suelo/Hojarasca.

Finalmente, la zona es relevante para la conservación de anfibios y reptiles que se encuentran en peligro de extinción y otros que son especies endémicas en la región, por lo tanto, se insta en promover mecanismos que favorezcan la conservación de la herpetofauna, tomando en cuenta los aspectos sociales, ambientales y económicos de la zona.

Agradecimientos.— Este estudio fue financiado por fondos propios de los autores, se agradece el apoyo y las contribuciones realizadas por los colaboradores de Finca las Delicias.

LITERATURA CITADA

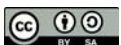
- Acevedo, A.A., M. Lampo & R. Cipriani. 2016. The cane or marine toad, *Rhinella marina* (Anura, Bufonidae): two genetically and morphologically distinct species. *Zootaxa* 4103:574-586.
- ALMA (Alcaldía de Managua). 2018. Mapa de Uso de Suelo Proyectado para el Municipio de Managua. <https://urbanismo.managua.gob.ni/wp-content/uploads/2020/10/Mapa-de-Zonificacion-y-Uso-de-Suelo-4.pdf> Nicaragua. [Consultado en enero 2023].
- Bentz, E.J., M. Rodríguez, R.R. John, R.W. Henderson & R. Powell. 2011. Population densities, activity, microhabitats, and thermal biology of a unique crevice- and litter-dwelling assemblage of reptiles on union island, st. vincent and the grenadines. *Herpetological Conservation and Biology* 6:40-50.
- Breuil, M., D. Schikorski, B. Vuillaume, U. Krauss, J.C. Daltry, G. Gaymes, J. Gaymes, O. Lepais, N. Bech, M. Jelić, T. Becking & F. Grandjean. 2022. *Iguana insularis* (Iguanidae) from the southern Lesser Antilles: an endemic lineage endangered by hybridization. *ZooKeys* 1086:137-161.
- Böhm, M., B. Collen, J.E. Baillie, P. Bowles, J. Chanson, N. Cox, G. Hammerson, M. Hoffmann, S.R. Livingstone, M. Ram, A.G. Rhodin, S.N. Stuart, P.P. Van Dijk, B.E. Young, L.E. Afuang, A. Aghasyan, A. Garcia, C. Aguilar, R. Ajtic & G. Zug. 2013. The conservation status of the world's reptiles. *Biological Conservation* 157:372-385.
- CCAD (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo). 2010. Listados Actualizados de las Especies de Fauna y Flora. Incluidas



- en los Apéndices de la CITES, distribuidas en Centroamérica y República Dominicana. Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo.
- CCN - FUNDENIC (Compañía Cervecera de Nicaragua - Fundación Nicaraguense para el Desarrollo Sostenible). 2014. Plan de manejo de la finca las Delicias. Programa Compensación de la Huella Hídrica de Compañía Cervecera de Nicaragua. FUNDENIC-SOS. Nicaragua.
- Chao, A. 1984. Nonparametric estimation of the number of classes in a population. *Scandinavian Journal of Statistics* 11:265-270.
- Chao, A., K.H. Ma & T.C. Hsieh. 2016. iNEXT (iNterpolation and EXTrapolation) Online: Software for Interpolation and Extrapolation for Species Diversity. http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/inext-online/ [Consultado en diciembre 2023].
- Chaves, G., L.W. Porras & A. Solórzano. 2013. *Coleonyx mitratus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013. e.T203047A2759368. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-2.RLTS.T203047A2759368.en> [Consultado en agosto 2023].
- CICFA (Centro de Investigación y Capacitación y Formación Ambiental). 2018. Lista Roja 2da Edición. Especies vertebradas en riesgo de extinción de Nicaragua. Nicaragua.
- Collins, J.P. & A. Storfer. 2003. Global amphibian declines: sorting the hypotheses. *Diversity and Distributions* 9:89-98.
- Colwell, R.K., D.T. Margarita & B.V. Romero. 2013. EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1 <http://purl.oclc.org/estimates>
- Colwell, R. & J. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through exploration. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London (Series B)* 345:101-118.
- De la Cruz, R. 2004. Valoración Económica de la Actividad Recreativa del Parque Natural Metropolitano, con el Método de Costo de Viaje. Tesis de Maestría. Universidad de Panamá. Panamá.
- Dinerstein, E., D. Olson, D. Graham, A.L. Webster, S.A. Primm, M.P. Bookbinder & G. Ledec. 1995. A Conservation Assessment of the Terrestrial Ecoregions of Latin America and the Caribbean. The World Bank. Washington, USA.
- Doan, T. M. & W. A. Arriaga. 2002. Microgeographic variation in species composition of the herpetofaunal communities of Tambopata region, Peru. *Biotropica* 34:101-117.
- Fallas, M. 2016. Capacidad de Carga Turística (CCT) para los Senderos más Transitados en el Centro Biológico Las Quebradas en Pérez Zeledón, San José, Costa Rica. Tesis de Maestría. Área Académica Agroforestal. Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.
- Folt, B., & K. E. Reider. 2013. Leaf-litter herpetofaunal richness, abundance, and community assembly in mono-dominant plantations and primary forest of northeastern Costa Rica. *Biodiversity and Conservation* 22:2057-2070.
- Fonseca, L.I. 2023. Avifauna en la parte alta de la cuenca sur de Managua: una mirada hacia su gestión. *Revista Nicaraguense de Biodiversidad* 9:1-41.
- Gaitán, O., I. Duarte, A. Gómez, H. Salgado, S. Vilchez, & M. Arana. 2005. Evaluación Ecológica Rápida en Finca Las Delicias, Municipio de El Crucero. Nicaragua.
- García, A. & A. Cabrera-Reyes. 2008. Estacionalidad y estructura de la vegetación en la comunidad de anfibios y reptiles de Chamela, Jalisco, México. *Acta zoológica Mexicana* 24:91-115.
- Girard, G. & B. Van Wyk de Vries. 2005. The Managua Graben and Las Sierras-Masaya volcanic complex (Nicaragua); pull-apart localization by an intrusive complex: results from analogue modeling. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 144:37-57.
- González-Sánchez, V.H., J.D. Johnson, D. González-Solís, L.A. Fucsko & L.D. Wilson. 2021. A review of the introduced herpetofauna of México and Central America, with comments on the effects of invasive species and biosecurity methodology. *ZooKeys* 1022:79-154.
- Guerra, V., D. Llusia, P.G. Gambale, A.R. Morais, R. Márquez & R.P. Bastos. 2018. The advertisement calls of Brazilian anurans: historical review, current knowledge and future directions. *PLoS ONE* 13:e0191691
- Gunther, A.C.L.G. 1902. *Biologia Centrali-Americana. Reptilia and Batrachia (1885-1902)*. London, Inglaterra.
- Guido I., C. Rodríguez & J. Sancho. 2008. Importancia de la diversificación de los árboles de sombra para la conservación



- de la fauna en los ecosistemas cafetaleros en San Isidro de San Ramón, 2003. *Revista Pensamiento Actual*, Universidad de Costa Rica 8:74-81.
- Hernández, F., F. Hernández, J.A. Arredondo, F.C. Bryant, L.A. Brennan & R.L. Bingham. 2005. Influence of precipitation on demographics of northern bobwhites in southern Texas. *Wildlife Society Bulletin* 33:1071-1079.
- HerpetoNica. 2015. *Guía Ilustrada de los Anfibios y Reptiles de Nicaragua*. MARENA. Nicaragua.
- Heyer, W.R., M.A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L.A.C. Hayek & M.S. Foster. 1994. *Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press. Washington DC, USA.
- Hill, M. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* 54:427-432.
- Holdridge, L. 1978. *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA). San José, Costa Rica.
- Huey, R.B., C.A. Deustsch, J.J. Tewksbury, L.J. Vitt, P.E. Hertz, H.J. Alvarez-Perez & T. Garland. 2009. Why tropical forest lizard are vulnerable to climate warming? *Proceedings of the Royal Society B, Biological Sciences* 276:1939-1948.
- Huey, R.B., 1982. Temperature, physiology, and the ecology of reptiles. In Gans, C., Pough, F.H. (Eds.), *Biology of the Reptilia*, Vol. 12. Academic Press, New York, pp. 25-74.
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, Autoridad Nacional del Agua, Universidad Nacional de Ingeniería, & Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit: Programa de Asistencia Técnica en Agua y Saneamiento. 2014. *Cuencas Hidrográficas de Nicaragua bajo la metodología Pfafstetter*. Nicaragua.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature). 2022. The IUCN red list of threatened species. Versión 2022-2. <http://www.iucnredlist.org/> [Consultado en diciembre 2022].
- IUCN (International Union for Conservation of Nature). 2023. The IUCN red list of threatened species. Versión 2023-2. <http://www.iucnredlist.org/> [Consultado en febrero 2023].
- 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 (Reptilian: Squamata: *Oxybelis*) from its northern distribution. *Organisms Diversity and Evolution* 20:723-746.
- 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.
- Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos* 113:363-375.
- Koch, C., A. Martins & S. Schweiger. 2019. A century of waiting: Description of a new *Epictia* Gray, 1845 (Serpentes: Leptotyphlopidae) based on specimens housed for more than 100 years in the collection of the Natural History Museum Vienna (NMW). *PeerJ* 7:1-37.
- Köhler, G. 2001. *Anfibios y Reptiles de Nicaragua*. Herpeton. Offenbach, Alemania.
- Köhler, G. 2003. *Reptiles of Central America*. Herpeton. Offenbach, Alemania.
- Leenders, T. 2017. *Amphibians of Costa Rica. A field Guide. A zonal Tropical Publications*. Costa Rica.
- Leenders, T. 2019. *Reptiles of Costa Rica. A field Guide. A zonal Tropical Publications*. Costa Rica.
- Lovich, R.E., T. Akre, M.J. Ryan, S. Nuñez, G. Cruz, G. Borjas, N.J. Scott, S. Flores, W. Del Cid, A. Flores, C. Rodriguez, I.R. Luque-Montes & R. Ford. 2010. New Herpetofaunal records from southern Honduras. *Herpetological Review* 41:112-115.
- MARENA (Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales). 1999. *Biodiversidad En Nicaragua - Un estudio país*. MARENA. Managua, Nicaragua.
- MARENA (Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales). 2022. *Actualización del sistema de vedas*. La Gaceta, Nicaragua.
- Mata-Silva V., D. De Santis, E. García-Padilla, D.J. Johnson & L. Wilson. 2019. The endemic herpetofauna of Central America: A casualty of anthropocentrism. *Amphibian & Reptile Conservation* 13:3-64.



- McCranie, J.R., J. Sunyer & J.M. Fonseca. 2019. Comments and updates to "Guía Ilustrada de Anfibios y Reptiles de Nicaragua" along with taxonomic and related suggestions associated with the herpetofauna of Nicaragua. *Revista Nicaragüense de Biodiversidad* 52:1-44.
- McDiarmid, R.W., M.S. Foster, C. Guyer, J.W. Gibbons & N. Chernoff. 2012. *Reptiles Biodiversity: Standard Methods for Inventory and Monitoring*. University of California Press, USA.
- Medina-Fitoria, A., J. M. Maes, B. Walsh, I. Coronado, S. Morales, M. Salazar, B. Hernández & O. Guerreo. 2020. Diversidad Biológica de la Reserva Ecológica El Bajo. Nicaragua.
- Meza-Lázaro, R.N. & A. Nieto-Montes de Oca. 2015. Long forsaken species diversity in the Middle American lizard *Holcosus undulatus* (Teiidae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 175:189-210
- Milanovich, J.R., S.E. Trauth, D.A. Saugey & R.R. Jordan. 2006. Fecundity, reproductive ecology, and influence of precipitation on clutch size in the western slimy salamander (*Plethodon albagula*). *Herpetologica* 62:292-301.
- Mittermeier, R., W. Turner, F. Larsen, T. Brooks, & C. Gascon. 2011. *Global Biodiversity Conservation: the Critical Role of Hotspots*. Biodiversity hotspots. Springer. New York, USA.
- Moraga, P., R. Bolaños, M. Pilz, R. Munguia, A. Jürguen, M. Barrios, J. Hagger & W. Gamboa. 2011. Árboles de sombra e intensidad del cultivo afectan el rendimiento de café (*Coffea arabica* L.) y la valoración ecológica en Masatepe, Nicaragua. *La Calera* 11:41-47
- Moreno, C.E. 2001. *Métodos para Medir la Biodiversidad*. Zaragoza: M&T – Manuales y Tesis SEA. Madrid, España.
- Moreno-Rueda, G. & M. Pizarro. 2009. Relative influence of habitat heterogeneity, climate, human disturbance, and spatial structure on vertebrate species richness in Spain. *Ecological Research* 24:335-344.
- Otzen, T. & C. Manterola. 2017. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology* 35:227-232.
- Pérez, M., A. Meyrat, J. Zolotoff, O. Saldaña, A. Medina, G. A. Ruiz & M. Sotelo. 2013. Conservation of endemic species in the national system of protected areas from Nicaragua. *UNED Research Journal* 5:271-278.
- Porras-Velázquez, G. A. 2017. Diplomado en Análisis de Información Geoespacial (Tipos de muestreo). Centro de Investigación en Geografía y Geomática, México.
- 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.
- Salgado, H.R. & G.J. Páiz. 2004. Diversidad de la Herpetofauna en la Reserva Natural Chocoyero, El Brujo- Ticuantepe, Managua. *Revista Encuentro* 69:25-32
- Sánchez-Paniagua, K., K. González-Villalobos & J.G. Abarca. 2017. Percepción social y encuentros con serpientes en Costa Rica: un análisis a través de la red social Facebook. *Revista de Ciencias Ambientales* 52:190-208
- Spangler, M. 2015. Conservation of a Neotropical Herpetofauna: An Introduction to the Crisis of Amphibians and Reptiles in Central America and Beyond. F. Huettmann (Ed.), *Central American Biodiversity*. Springer. New York, USA.
- 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.
- Smith, G. R., & R. E. Ballinger. 2001. The ecological consequences of habitat and microhabitat use in lizards: a review. *Contemporary Herpetology*. 3:1-28.
- Sunyer, J. 2014. An updated checklist of the amphibians and reptiles of Nicaragua. *Mesoamerican Herpetology* 1:186-202.
- Sunyer, J., K.E Nicholson, J.G. Phillips, J.A. Gubler & L.A. Obando. 2013. Lizards (Reptilia: Squamata) of the Corn Islands, Caribbean Nicaragua. *Check List* 9:1383-1390.
- Sunyer J. & J. Martinez-Fonseca. 2019. Fichas de las especies de anfibios y reptiles que han sido registradas para Nicaragua posterior a HerpetoNica (2015). *Revista de Temas Nicaragüenses* 139:36-62.
- 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.



- Velásquez, G., I. Alcántara-Ayala, J.R. Hernández-Santana, & R.J. Garnica-Peña. 2014. La zonificación morfotectónica-volcánica en el análisis morfoestructural del relieve: el caso del municipio de Managua, Nicaragua. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía* 87:118-140.
- Walther, B.A. & J.L. Moore. 2005. The concepts of bias, precision and accuracy, and their use in testing the performance of species richness estimators, with a literature review of estimator abundance. *Ecography* 28:815-829.
- Wilson, L.D. & K.L. Williams. 2002. *Scolecophis, S. atrocinctus*. *Catalogue of American Amphibians and Reptiles* 758:1-3.
- Wilson, L.D. & J. McCraime. 2003. The herpetofauna of the Cloud forest in Honduras. *Amphibian & Reptile Conservation* 3:34-48
- Zimmerman, B.L. 1994. Audio strip transects. In Heyer, W.R., A.M., Donnelly, R.W., McDiarmid, L.C. Hayek, & M.S. Foster (Eds.). *Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington and London, Inglaterra.



PRIMER REGISTRO DE DEPREDACIÓN DE ARAÑAS (ARANEA: LYCOSIDAE) POR LA RANA DEL VOLCÁN SAN MARTÍN *CRAUGASTOR LOKI* (CRAUGASTORIDAE)

FIRST RECORD OF PREDATION ON SPIDERS (ARANEA: LYCOSIDAE) BY THE SAN MARTIN VOLCANO FROG *CRAUGASTOR LOKI* (CRAUGASTORIDAE)

Eduardo Aarón Chávez-Ramírez^{1-3*}, Grisel Oaxaca-Oñate^{1,4}, Alberto Córdova Ortiz⁵, Reinier Núñez-Bazán^{2,3}, Manuel de Luna⁶, Omar Hernández-Ordoñez⁷, José Antonio Guerrero¹ & José Nicolás Urbina-Cardona⁸

¹Laboratorio de monitoreo y conservación de fauna, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001, Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México, CP 62209.

²Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación, CIByC, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001, Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México, CP 62209.

³Doctorado en Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001, Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México, CP 62209.

⁴Mestría en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación, CIByC, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001, Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México, CP 62209.

⁵Asociación Civil El Timbre A.C. Ignacio Zaragoza s/n, Piedra Labrada, Tatahuicapan de Juárez, Veracruz. México, CP 95950.

⁶Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Carretera a Ciudad Victoria km 145, C.P. 67700, Linares, Nuevo León, México.

⁷Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Deportivo S/N, Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510, Ciudad de México, México.

⁸Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Departamento de Ecología y Territorio. Carrera 7 N 40 – 62, Bogotá, Colombia

*Correspondence: chavez.ramirezea@gmail.com

Received: 2023-11-12. Accepted: 2024-01-08. Published: 2024-06-03.

Editor: César Antonio Ríos-Muñoz, México.

Abstract. – We provide the first record of a juvenile spider from the Lycosidae family in the diet of a female San Martín Volcano frog (*Craugastor loki*). The finding was recorded within the evergreen montane rainforest of the Sierra de Santa Marta, part of the Los Tuxtlas Biosphere Reserve, Veracruz, Mexico.

Keywords. – Amphibian, spider, predation, predator, prey.

Resumen – Reportamos por primera vez un arácnido juvenil de la familia Lycosidae en la dieta de una hembra de la rana del Volcán San Martín (*Craugastor loki*). El hallazgo fue registrado dentro de la selva alta perennifolia de la Sierra de Santa Marta perteneciente a la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Veracruz, México.

Palabras clave. – Anfibio, araña, dieta, depredador, presa.

El registro de interacciones de depredación, particularmente entre anfibios e invertebrados, resulta altamente importante para el entendimiento de la estructura y función de comunidades y ecosistemas. Los anfibios anuros se ubican en niveles intermedios de las redes tróficas, funcionando como depredadores y presas de diversos vertebrados e invertebrados

(Luría-Manzano et al., 2022). Se ha documentado que los principales depredadores conocidos de los anfibios anuros de la familia Craugastoridae son arañas (Aguilar-López et al., 2014; De Oliveira, et al., 2020; Luría-Manzano et al., 2022; Nyffeler & Altig, 2020; Cubas-Rodríguez & Teruel, 2022). Sin embargo, las observaciones de este tipo de interacción son escasas ya que

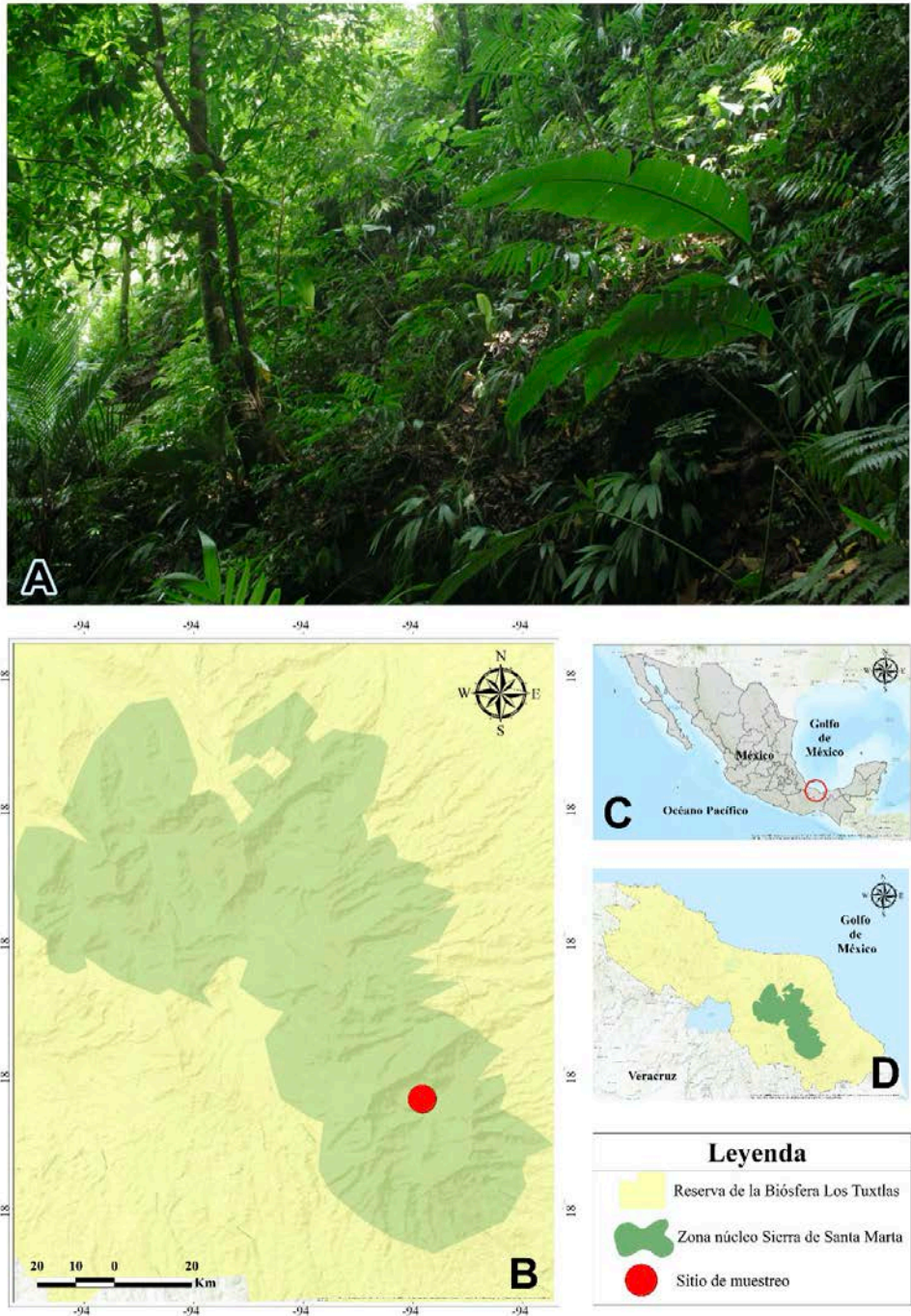


Figure 1. Location of the predation event of *Craugastor loki* on a juvenile lycoside in the high evergreen forest (A), southeastern Mexico (C), within the Tuxtlas Biosphere Reserve (D), and specifically in the core zone II of the Sierra de Santa Marta (B).

Figura 1. Ubicación del suceso de depredación de *Craugastor loki* sobre un juvenil de licósido en la selva alta perennifolia (A) en el sureste de México (C), en el interior de la Reserva de la Biósfera de los Tuxtlas (D), y específicamente en la zona núcleo II de la Sierra de Santa Marta (B).

suelen ser secundarias, pues rara vez son el objetivo principal de las investigaciones de campo.

El 5 de agosto de 2023 a las 22:22 h, considerada como época lluviosa en la región, capturamos una hembra de *Craugastor loki* con abultamiento en el estómago, indicando la presencia de una presa. La captura se realizó en un sitio ubicado en las

coordenadas 18.3533° N, 94.8377° O (Datum WGS84) y a 766 m s.n.m, en el interior de la selva alta perennifolia a 2.18 km del borde dentro volcán Santa Marta perteneciente a la zona núcleo II que protege 16,813 ha de esta selva dentro de la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas (Fig. 1). A 3.57 km al noroeste se ubica la localidad Guadalupe Victoria, Municipio de Tatahuicapan, Veracruz, México. La hembra de *C. loki* se observó por primera

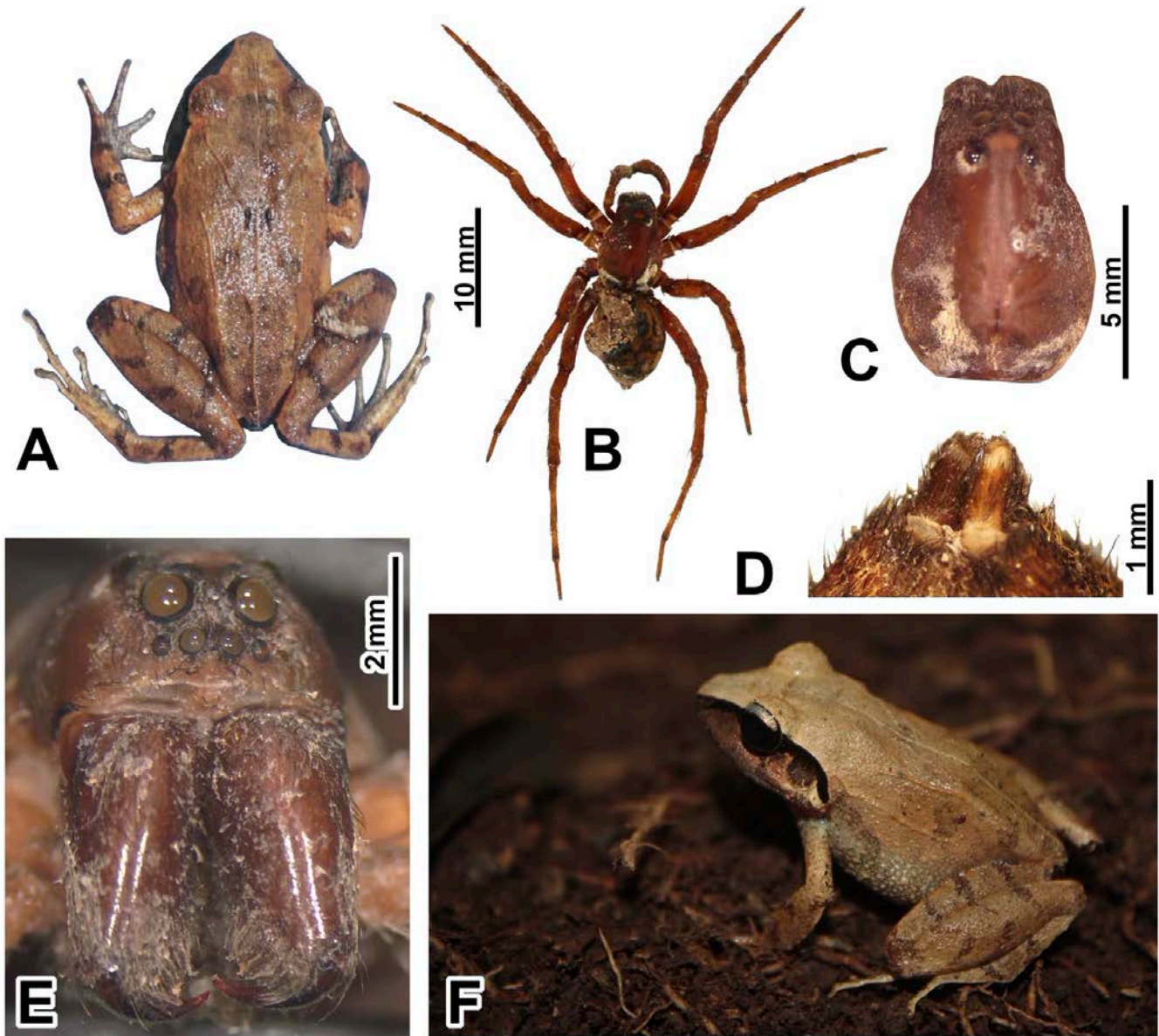


Figure 2. A) Dorsal view of a *Craugastor loki* female, B) juvenile of lycosid arachnid, C) cephalothorax, D) rows, E) chelicerae and eyes, and F) Lateral view of a female of *Craugastor loki*. Photos: E. A. Chávez-Ramírez (A and F) and R. Nuñez-Bazán (B, C, D, E).

Figura 2. A) Vista dorsal de una hembra de *Craugastor loki*, B) juvenil de arácnido licósido, C) cefalotórax, D) hileras, E) quelíceros y ojos y F) Vista lateral de una hembra de *Craugastor loki*. Fotos: E. A. Chávez-Ramírez (A y F) y R. Nuñez-Bazán (B, C, D, E).

vez sobre una capa de hojarasca con una profundidad de 70 mm (valor a típico de acuerdo con lo observado por Urbina-Cardona & Reynoso (2017), una temperatura de 22 °C, humedad de 66% y una cobertura herbácea del 75%; la medición de esas variables ambientales se realizó siguiendo el protocolo de Urbina-Cardona et al. (2006). La temperatura corporal de la hembra de *C. loki* fue de 19.05 °C, longitud hocico-cloaca (LHC) 34.6 mm

(Fig. 2A), un valor de ancho cefálico de 14.6 mm, una biomasa de 4.1 g y un volumen de 7447.52 mm³, la medición de rasgos se realizó siguiendo el protocolo de Cortés-Gómez et al. (2016). Posterior a su captura y contención en una bolsa de plástico marca Ziploc®, la hembra de *C. loki* regurgitó un ejemplar macho juvenil correspondiente a la familia Lycosidae, con una longitud total de 52 mm (Fig. 2B) y tenía evidencia mínima de

digestión, permitiendo inferir que el evento de depredación ocurrió poco tiempo antes de su captura. La hembra de *C. loki* fue sacrificada utilizando un anestésico local siguiendo el procedimiento propuesto por McDiarmid (2001) y preservada en etanol. El ejemplar fue depositado en la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles (CNAR) con número de catálogo IBH 33906, bajo el amparo del permiso de colecta SPARN/DGVS/06132/23. El ejemplar arácnido fue preservado en etanol y posteriormente identificado utilizando la clave taxonómica de Ubick (2017). La familia Lycosidae es una familia de arañas araneomorfas enteleginas y acibeladas las cuales poseen tres garras en los tarsos, presentan hileras cortas y sin modificaciones (Fig. 2D) y ocho ojos en un arreglo muy particular donde la fila anterior es recta (Fig. 2E) o ligeramente procurvada, mientras que la segunda fila está fuertemente recurvada, lo que aparenta un arreglo ocular 4:2:2 (Fig. 2C) (Jocqué & Dippenaar-Schoeman, 2007; Dondale, 2017). El ejemplar corresponde a un macho juvenil, lo que se aprecia debido al ensanchamiento de los tarsos pedipalpes los cuales carecen de las modificaciones típicas encontradas en los palpos de los machos adultos de arañas enteleginas; debido a su condición juvenil, el ejemplar no pudo identificarse a un nivel taxonómico más bajo.

En el caso de *Craugastor loki*, las características morfológicas y de distribución coinciden con lo propuesto por Streicher et al. (2014) (Fig. 1F). Las principales características de *C. loki* que la diferencia de otros miembros del grupo de especies de *C. rhodopis*, es la presencia de un pequeño pliegue supratimpánico que a menudo está subtendido por dos tubérculos que ocasionalmente se fusionan, conocido como pliegue supratimpánico en forma de Y que se extiende sobre las superficies laterales. A diferencia de *C. rhodopis*, *C. loki* tiene un vástago relativamente corto que rara vez excede el 54% de la LHC y el dorso suele ser de un color más uniforme que la mayoría de los taxones del grupo de especies de *C. rhodopis* (Streicher et al., 2014). En México la distribución conocida de *C. loki* inicia en el sur de Veracruz en la región de los Tuxtlas, cruzando hacia el sur por el Istmo de Tehuantepec hacia Belize, El Salvador y el noreste de Honduras en elevaciones que van desde el nivel del mar hasta 2,100 m s.n.m (Lynch, 2000; Streicher et al., 2014).

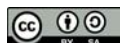
El alto consumo de ortópteros en la dieta de la familia Craugastoridae es un fenómeno común (Martínez-Coronel & Pérez-Gutiérrez, 2011; Luría-Manzano et al., 2019), pero no existen registros del consumo de arácnidos de la familia Lycosidae en la rana del volcán San Martín (*C. loki*), por lo que este hallazgo representa el primer registro de un evento de depredación de un arácnido de la familia Lycosidae y amplía el conocimiento de las interacciones tróficas entre anuros

craugastóridos y arácnidos licósidos. Se ha documentado que algunos rasgos morfológicos de *C. loki* como el cuerpo robusto, hocico ancho y la coloración críptica, están relacionadas con el modo de forrajeo de acecho (Parmelee, 1999). El acecho de presas como estrategia de forrajeo de *C. loki* puede explicar el consumo de licósidos de talla corporal grande como se describe en este trabajo. En de la dieta *C. rhodopis*, especie filogenéticamente cercana y con características morfológicas y de forrajeo similares a *C. loki* (Parmelee, 1999; Streicher et al., 2014), se ha observado el consumo frecuente de presas de tamaño grande y de amplia movilidad con hábitos solitarios (ortópteros y coleópteros; Toft, 1981; Luría-Manzano et al., 2019). Sin embargo, en otra especie del género *Craugastor* se ha documentado el consumo de arañas, tal es el caso de *C. berkenbuschii*, especie con alta densidad en la selva alta perennifolia de la región de Uxpanapa-Chimalapas, donde se ha reportado que el 10.16% de su dieta se compone de arañas (Araneae), con longitud promedio de 7.5 mm (Luría-Manzano et al., 2022). Este reporte de depredación sugiere la necesidad de un análisis detallado de los hábitos alimenticios de *C. loki* que proporcione información sobre la importancia de presas arácnidas de la familia Lycosidae en la dieta de este anfibio.

Agradecimientos.— Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por la beca de doctorado otorgada al primer autor. A The Rufford Foundation por el financiamiento otorgado para el desarrollo del trabajo de campo de la tesis doctoral del primer autor. A Nele Vandeneinde por el apoyo de logística y asesoramiento durante las expediciones de campo, así como la revisión preliminar del documento. A la comunidad de Guadalupe Victoria por permitirnos internarnos en su territorio para el desarrollo de este proyecto. A la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles por el depósito de ejemplares y la extensión del permiso de colecta para el desarrollo de este trabajo. A la Pontificia Universidad Javeriana campus Bogotá por las facilidades para realizar la estancia de investigación de la que deriva este producto.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-López, J.L., E. Pineda & R. Luría-Manzano. 2014. Depredación de tres especies de herpetozoos por arañas en la región tropical de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:965-968.
- Cortés-Gómez, A.M., M.P. Ramírez & J.N. Urbina-Cardona. 2016. Protocolo para la medición de rasgos funcionales en anfibios. Pp. 126-179. En B. Salgado-Negret (Eds.). *La Ecología Funcional como Aproximación al Estudio, Manejo y Conservación de*



- la Biodiversidad: Protocolos y Aplicaciones. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. Colombia.
- Cubas-Rodríguez, A.M. & R. Teruel. 2022. Predation by arachnids (Araneae, Scorpiones) on reptiles and amphibians (Anura, Squamata) in Costa Rica and Mexico. *Revista Ibérica de Aracnología* 41:153-157.
- De Oliveira, M.A.S. Corrêa, B.A.A.P. Fernandes, D.A.R. Lopes, M.D.C. Citeli, B.E.P. & R.A. Brandão. 2020. What size of Neotropical frogs do spiders prey on? *Biología* 76:919-932.
- Dondale, C.D. 2017. Lycosidae. Pp. 178–182. En Ubick, D., Paquin, P., Cushing, P.E. & V. Roth (Eds.). *Spiders of North America: An Identification Manual*. American Arachnological Society, Kenne, New Hampshire, Estados Unidos.
- Jocqué, R. & A.S. Dippenaar-Schoeman. 2007. *Spider Families of the World*. Royal Museum for Central África, Tervuren, Bélgica.
- Luría-Manzano, R., J.L. Aguilar-López & E. Pineda. 2022. Diet, density, biomass, and prey consumption through ontogeny of a dominant frog species at different distances from streams in a tropical rainforest. *South American Journal of Herpetology* 24:67-74.
- Luría-Manzano, R., M.T. Oropeza-Sánchez, J.L. Aguilar-López, J.M. Díaz-García & E. Pineda. 2019. Dieta de la rana de hojarasca *Craugastor rhodopis* (Anura: Craugastoridae): una especie abundante en la región montañosa del este de México. *Revista de Biología Tropical* 67:196-205.
- Lynch, J.D. 2000. The relationships of an ensemble of Guatemalan and Mexican frogs (*Eleutherodactylus*: Leptodactylidae: Amphibia). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 24:129-156.
- Martínez-Coronel, M. & M. Pérez-Gutiérrez. 2011. Composición de la dieta de *Craugastor lineatus* (Anura: Craugastoridae) de Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 27:215-230.
- McDiarmid, W.R. 2001. Preparación de anfibios como especímenes de científicos. Pp. 279-289. En W.M. Heyer, A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L.A. Hayek, & M.C. Foster (Eds.). *Medición y Monitoreo de la Diversidad Biológica. Métodos estandarizados para anfibios*. Editorial Universitaria de la Patagonia, Chubut, Argentina.
- Nyffeler, M. & R. Altig. 2020. Spiders as frog-eaters: a global perspective. *The Journal of Arachnology* 48: 26-42.
- Parmelee, J.R. 1999. Trophic ecology of a tropical anuran assemblage. *Scientific Papers of the Natural History Museum, the University of Kansas, Lawrence, Kansas, USA*.
- Streicher, J.W., U.O. García-Vázquez, P. Ponce-Campos, O. Flores-Villela, J.A. Campbell, & E.N. Smith. 2014. Evolutionary relationships amongst polymorphic direct-developing frogs in the *Craugastor rhodopis* Species Group (Anura: Craugastoridae). *Systematics and Biodiversity* 12:1-22.
- Toft, C.A. 1981. Feeding ecology of Panamanian litter anurans: Patterns in diet and foraging mode. *Journal of Herpetology* 15:139-144.
- Ubick, D. 2017. Key to spider families of North America north of Mexico. Pp. 30-46. En Ubick, D., Paquin, P., Cushing, P.E. & V. Roth (Eds.). *Spiders of North America: An identification manual*. American Arachnological Society, Kenne, New Hampshire, USA.
- 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. & V.H. Reynoso. 2017. Descripción y modelado del microhábitat de los anfibios y reptiles que habitan la Selva Alta Perennifolia de Los Tuxtlas. Pp. 355-384. En V. H. Reynoso, R.I. Coates & M.L. Vázquez-Cruz (Eds.). *Avances y Perspectivas en la Investigación de los Bosques Tropicales y sus Alrededores: la Región de Los Tuxtlas*, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- Urbina-Cardona, J.N. & V.H. Reynoso. 2009. Uso del microhábitat por hembras grávidas de la rana de hojarasca *Craugastor loki* en la selva alta perennifolia de los Tuxtlas, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:571-573.



PRIMER REGISTRO DE CRIPSIS INVERSA EN *CROTALUS TRISERIATUS* (CASCABEL TRANSVOLCÁNICA)

FIRST RECORD OF REVERSE CRYPISIS IN *CROTALUS TRISERIATUS* (TRANSVOLCANIC RATTLESNAKE)

Ricardo Abraham Domínguez-Acevedo¹, Mariángel Arvizu-Meza² & Carlos J. Pavón-Vázquez*

¹Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Colonia Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, C.P. 54090, México.

²U.H. San Lorenzo Fase II, Iztapalapa, Ciudad de México, C.P. 09860, México.

*Correspondence: [cjpunam@gmail.com](mailto:cjpvunam@gmail.com)

Received: 2024-02-29. Accepted: 2024-04-19. Published: 2024-06-07.

Editor: Ana Gatica Colima, México.

Abstract.— We report the first documented case of reverse crypsis behavior in *Crotalus triseriatus* (Wagler, 1830) and the third in viperid snakes. This behavior involves movements of the head and anterior portion of the body, alternating projection and retraction during forward movement. We suggest that this behavior is common in rattlesnakes that share habitat and ecology, since, including the present record, reverse crypsis has been reported in two independent evolutionary lineages. We observed this behavior in Tlalpan, Mexico City, Mexico.

Keywords.— Antipredation, behavior, defensive tactic, motion dazzle, Viperidae.

Resumen.— Reportamos el primer caso de comportamiento de cripsis inversa en *Crotalus triseriatus* (Wagler, 1830) y el tercero en víperidos. Este comportamiento implica movimientos de la cabeza y la parte anterior del cuerpo, alternando entre proyección y retracción durante el avance. Sugerimos que este comportamiento es común en serpientes de cascabel que comparten hábitat y ecología, ya que, incluyendo el presente registro, la cripsis inversa ha sido reportada en dos linajes evolutivos independientes. Observamos este comportamiento en Tlalpan, Ciudad de México, México.

Palabras clave.— Antidepredación, comportamiento, deslumbramiento por movimiento, táctica defensiva, Viperidae.

Las serpientes exhiben diversas tácticas defensivas, tanto pasivas como activas. Entre estas últimas, destaca la cripsis inversa o deslumbramiento por movimiento, que implica una serie de movimientos que en conjunto con el patrón de coloración hacen que un individuo sea difícil de detectar (Ryerson, 2017). La cripsis inversa ha sido previamente documentada en colubroideos, donde se caracteriza por movimientos oscilatorios de la cabeza y la parte anterior del cuerpo durante el avance (Fleishman, 1985; Ryerson, 2017). Este comportamiento se ha observado en dos especies de víperidos pertenecientes al género *Crotalus* Linnaeus, 1758: *C. pricei* y *C. transversus* (Balchan et al., 2022). En este caso, los movimientos se distinguen por el avance en línea recta, al mismo tiempo que la parte anterior del cuerpo presenta movimientos alternados de proyección y retracción (Balchan et al., 2022).

Crotalus triseriatus (Wagler, 1830), conocida como la "Cascabel transvolcánica", es una serpiente de tamaño pequeño, con una longitud máxima observada de 65 cm (Uribe-Peña et al., 1999). Se caracteriza por la presencia de una franja postocular y parches emparejados de color pardo oscuro en la zona nucal. En la región dorsal, el cuerpo exhibe un tono gris con manchas negras redondas delineadas por un borde blanco (Ramírez-Bautista et al., 2009).

Esta especie habita bosques de oyamel, bosques de pino, pino-encino y praderas de alta montaña (SEMARNAT, 2018). Su rango de distribución altitudinal abarca desde los 2,200 hasta los 4,600 m s.n.m. (Campbell & Lamar, 2004; Heimes, 2016; Sunny et al., 2019). Se distribuye a lo largo de la Faja Volcánica Transmexicana, desde el centro oeste de Veracruz, pasando por los estados de

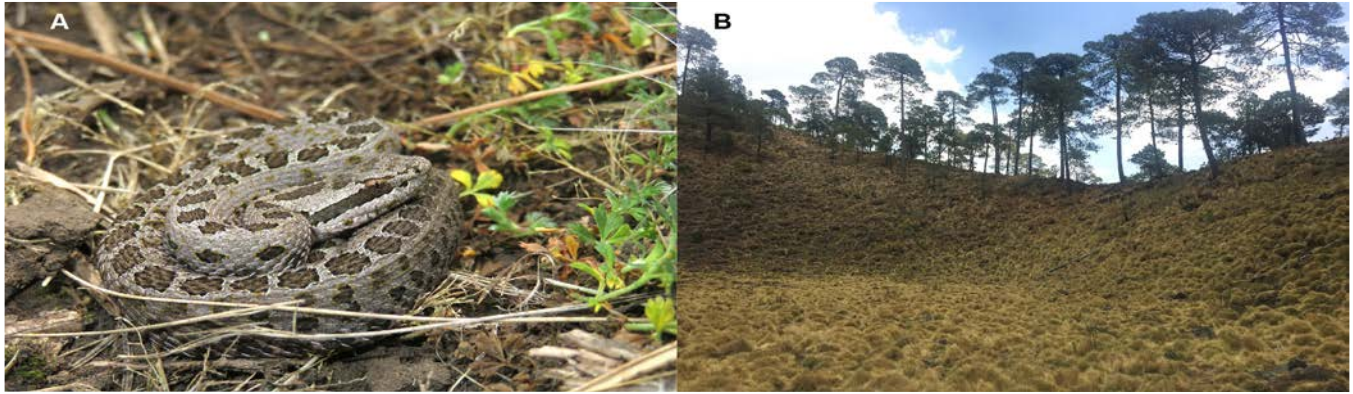


Figure 1. *Crotalus triseriatus* and habitat. A) Individual of *C. triseriatus* in which the behavior of reverse crypsis was recorded. B) Habitat where the individual was located.

Figure 1. *Crotalus triseriatus* y hábitat. A) Individuo de *C. triseriatus* en el cual se registró el comportamiento de cripsis inversa. B) Hábitat donde fue localizado el individuo.

Puebla, Hidalgo, Tlaxcala, Estado de México, Ciudad de México, Morelos y hasta el este de Michoacán (Campbell & Lamar, 2004). Presenta hábitos tanto diurnos como crepusculares, siendo encontrada principalmente entre los zacates y al pie de troncos caídos. Su dieta abarca roedores, lagartijas y salamandras (Mociño-Deloya et al., 2014; Ramírez-Bautista et al., 2009), destacando la capacidad de *C. triseriatus* para ajustar sus hábitos

en función de las condiciones ambientales y la oferta de presas. En cuanto a su estado de conservación, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales no incluye a esta especie en su lista de especies en riesgo. Por otra parte, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza evalúa su estado como de Preocupación Menor. En contraste, el puntaje de vulnerabilidad ambiental para la especie es de 16, lo cual la sitúa en un punto



Figure 2. Reverse crypsis behavior in *Crotalus triseriatus*. Each panel displays the video timestamp for each photo taken from the video clip (<https://youtu.be/d4BLBOVjfdk>). The arrows indicate the direction of movement of the head and the anterior portion of the body.

Figure 2. Conducta de cripsis inversa en *Crotalus triseriatus*. Los números en cada panel indican el segundo del video (<https://youtu.be/d4BLBOVjfdk>) del cual se extrajeron las capturas. Las flechas indican la dirección del movimiento de la cabeza y la parte anterior del cuerpo.

intermedio dentro de la categoría de alta vulnerabilidad (Wilson et al., 2013; Ramírez-Bautista et al., 2020).

El 10 de abril de 2022, a las 13:08 h, a 3,466 m s.n.m. en el cráter de un volcán inactivo en los alrededores del Valle del Tezontle (19.21842° N, 99.28144° W), Tlalpan, Ciudad de México, México, ubicamos un macho adulto de *C. triseriatus*, que fue descubierto *in situ* ubicado debajo de una formación rocosa (Fig. 1A). La vegetación en el cráter consiste de zacatonal subalpino rodeado por bosque de pino (Fig. 1B). Al ser perturbada, la serpiente manifestó actividad inmediata. En el lapso de unos minutos, observamos un patrón de comportamiento inusual consistente con la crípsis inversa, caracterizado por el avance del individuo mientras proyectaba y retraía de manera repetida la cabeza y parte anterior del cuerpo (Fig. 2).

Un video de la conducta ha sido compartido en YouTube (<https://youtu.be/d4BLBoVjfdk>). El individuo en cuestión no exhibió ninguna táctica defensiva adicional, destacando la ausencia del cascabeleo característico del género. En ningún momento manipulamos a la serpiente y después de registrar la conducta nos retiramos del lugar sin recolectar al individuo.

Esta nota, hasta donde tenemos conocimiento, es el primer registro en reportar la crípsis inversa en *C. triseriatus* y refuerza la hipótesis que sugiere que este comportamiento podría estar presente en vipéridos que comparten hábitat y ecología. Este comportamiento se ha observado hasta el momento únicamente en serpientes de cascabel de montaña (*C. pricei* y *C. transversus*) (Balchan et al., 2022), las cuales son de tamaño pequeño y comparten características ecológicas. Estas especies usan tácticas defensivas similares como la coloración y los patrones crípticos. La crípsis inversa puede cumplir la función de confundir a los depredadores acerca de la dirección, posición, dimensiones, diseño cromático e incluso identidad de los individuos (Tan et al., 2024).

Crotalus triseriatus por una parte y *C. transversus* y *C. pricei* por la otra pertenecen a dos clados que son relativamente distantes filogenéticamente (Title et al., 2024), indicando que el comportamiento de crípsis inversa está presente en linajes separados de vipéridos que comparten características morfológicas y ecológicas. Es crucial llevar a cabo más investigaciones, tanto en campo como experimentales, sobre la diversidad, ecología y evolución de los comportamientos defensivos en serpientes. Se resalta la importancia de seguir explorando y documentando la rica diversidad de estrategias adaptativas en la herpetofauna.

LITERATURA CITADA

- Balchan, N.R., C.P. Vick & R. Villanueva Maldonado. 2022. *Crotalus pricei* (Twin-spotted Rattlesnake) and *Crotalus transversus* (Cross-banded Mountain Rattlesnake). Reverse Crypsis Behavior. *Herpetological Review* 53:144-145.
- Campbell, J.A. & W.W. Lamar. 2004. *The Venomous Reptiles of the Western Hemisphere*. Vol. II. Cosmotock Publishing Associates y Cornell University Press, Ithaca, New York, E.U.A.
- Fleishman, L.J. 1985. Cryptic movement in the vine snake *Oxybelis aeneus*. *Copeia* 1985:242-245.
- Heimes, P. 2016. *Herpetofauna Mexicana Vol. I: Snakes of Mexico*. Edition Chimaira, Fráncfort del Meno, Alemania.
- Mociño-Deloya, E., K. Setser & E. Pérez-Ramos. 2014. Observations on the diet of *Crotalus triseriatus* (Mexican dusky rattlesnake). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:1289-1291.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, R. Cruz-Elizalde, C. Berriozabal-Islas, I. Moreno-Lara, D.L. DeSantis, J.D. Johnson, E. García-Padilla, V. Mata-Silva & L.D. Wilson. 2020. The herpetofauna of Hidalgo, Mexico: Composition, distribution, and conservation status. *Amphibian & Reptile Conservation* 14:63-118.
- 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 y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pachuca, Hidalgo, México.
- Ryerson, W.G. 2017. A novel form of behavioral camouflage in colubrid snakes. *Copeia* 105:363-367.
- SEMARNAT. 2018. Programa de Acción para la Conservación de las Especies: Serpientes de Cascabel (*Crotalus* spp.). SEMARNAT y CONANP, Ciudad de México, México.
- Sunny, A., F.J. Gandarilla-Aizpuro, O. Monroy-Vilchis & M.M. Zarco-González. 2019. Potential distribution and habitat connectivity of *Crotalus triseriatus* in Central Mexico. *Herpetozoa* 32:139-148.
- Tan, M., S. Zhang, M. Stevens, D. Li & E.J. Tan. 2024. Antipredator defences in motion: animals reduce predation risks by



- concealing or misleading motion signals. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 99: 778–796
- Title, P.O., S. Singhal, M.C. Grundler, G.C. Costa, R.A. Pyron, T.J. Colston, M.R. Grundler, I. Prates, N. Stepanova, M.E.H. Jones, L.B.Q. Cavalcanti, G.R. Colli, N. Di-Poi, S.C. Donnellan, C. Moritz, D.O. Mesquita, E.R. Pianka, S.A. Smith, L.J. Vitt & D.L. Rabosky. 2024. The macroevolutionary singularity of snakes. *Science* 383:918–923.
- 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* 32:1-119.
- Wagler, J.G. 1830. *Natürliches System der Amphibien: mit vorangehender Classification der Säugethiere und Vögel: ein Beitrag zur vergleichenden Zoologie*. Cotta'schen, München, Alemania.
- Wilson, L.D., V. Mata-Silva & J.D. Johnson. 2013. A conservation reassessment of the reptiles of Mexico based on the EVS measure. *Amphibian & Reptile Conservation* 7:1-47.



COMPORTAMIENTO DEFENSIVO Y EXTENSIÓN DEL ÁREA DE DISTRIBUCIÓN DE LA SALAMANDRA DE CABEZA PLANA DE BERLÍN *OEDIPINA BERLINI* KUBICKI 2016 (CAUDATA: PLETHODONTIDAE)

DEFENSIVE BEHAVIOR AND RANGE EXPANSION OF BERLIN'S FLAT-HEADED SALAMANDER *OEDIPINA BERLINI* KUBICKI 2016 (CAUDATA: PLETHODONTIDAE)

Claudia Gómez-Campos¹, Génesis Rodríguez-Naranjo^{1,2}, Alexandra Salas Ramirez¹, Jefrie Hernández-Sánchez¹ & Juan G. Abarca^{2,3*}

¹Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

²Tlaloc Conservation, Costa Rica Wildlife Foundation, San José, Costa Rica.

³Unidad de Microbiología Médico Veterinaria, Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA), Heredia, Costa Rica.

*Correspondence: barcazajuan@gmail.com

Received: 2024-02-08. Accepted: 2024-04-18. Published: 2024-06-13.

Editor: Jimena Grosso, Chile.

Resumen.— *Oedipina berlini* es una salamandra terrestre endémica de los bosques tropicales del Caribe de Costa Rica. El conocimiento actual de su historia natural es deficiente debido a las escasas observaciones desde su descubrimiento. En este artículo describimos un comportamiento antidepredador de esta especie, que consiste en un salto impulsado únicamente por su cola. Este nuevo método de defensa contra los depredadores nos dice cuán compleja y poco estudiada es la historia natural de las salamandras tropicales. Adicionalmente, reportamos la presencia de esta especie en el Parque Nacional Braulio Carrillo, siendo la quinta ubicación conocida para *O. berlini* y el punto más al norte de su distribución

Palabras clave.— Parque Nacional Braulio Carrillo, conservación, distribución, historia natural, salamandras sin pulmón.

Abstract.— *Oedipina berlini* is a terrestrial salamander endemic to the Caribbean tropical forests of Costa Rica. Current knowledge of its natural history is deficient due to scarce observations since its discovery. Herein, we describe an antipredator behavior, which consists of a jump powered only by its tail. This method of defense against predators shows the natural history of tropical salamanders is complex and understudied. Additionally, we report the presence of this species in the Braulio Carrillo National Park, which corresponds to the fifth locality for *O. berlini* and the northernmost point of its known distribution.

Keywords.— Braulio Carrillo National Park, conservation, distribution, natural history, lungless salamanders.

Salamanders of the genus *Oedipina* (Kerferstein, 1868) are found in Neotropical rainforests from Chiapas, Mexico, through Central America to the Magdalena Valley of Colombia and south-central Ecuador (Frost, 2024). Currently, this genus comprises 40 species and is composed of two subgenera, *Oedipinola* with fewer than 20 costal grooves and *Oedipina* with more than 20 costal grooves (Frost, 2024; Leenders, 2016). *Oedipina* spp. are terrestrial and semifossorial, commonly associated with forests, plantations, open areas and gardens (Savage, 2002; Leenders, 2023). Very little is known of salamanders within the subgenus *Oedipinola*; in Costa Rica, five species of this subgenus

are reported (*O. alleni*, *O. berlini*, *O. carablanca*, *O. nimaso* and *O. savagei*) (Leenders, 2016) and *O. berlini* was recently described as endemic to the Caribbean side of Costa Rica (Kubicki, 2016). The species has been reported in tropical rainforests between 540-850 m a.s.l. occurring leaf litter in young secondary to old-growth forests with varying topography. Similar to other species of this subgenus, very little is known about its natural history (Kubicki, 2016; IUCN, 2020).

Salamanders exhibit various anti-predatory behaviors, such as hiding after detection of chemical signals from predators,

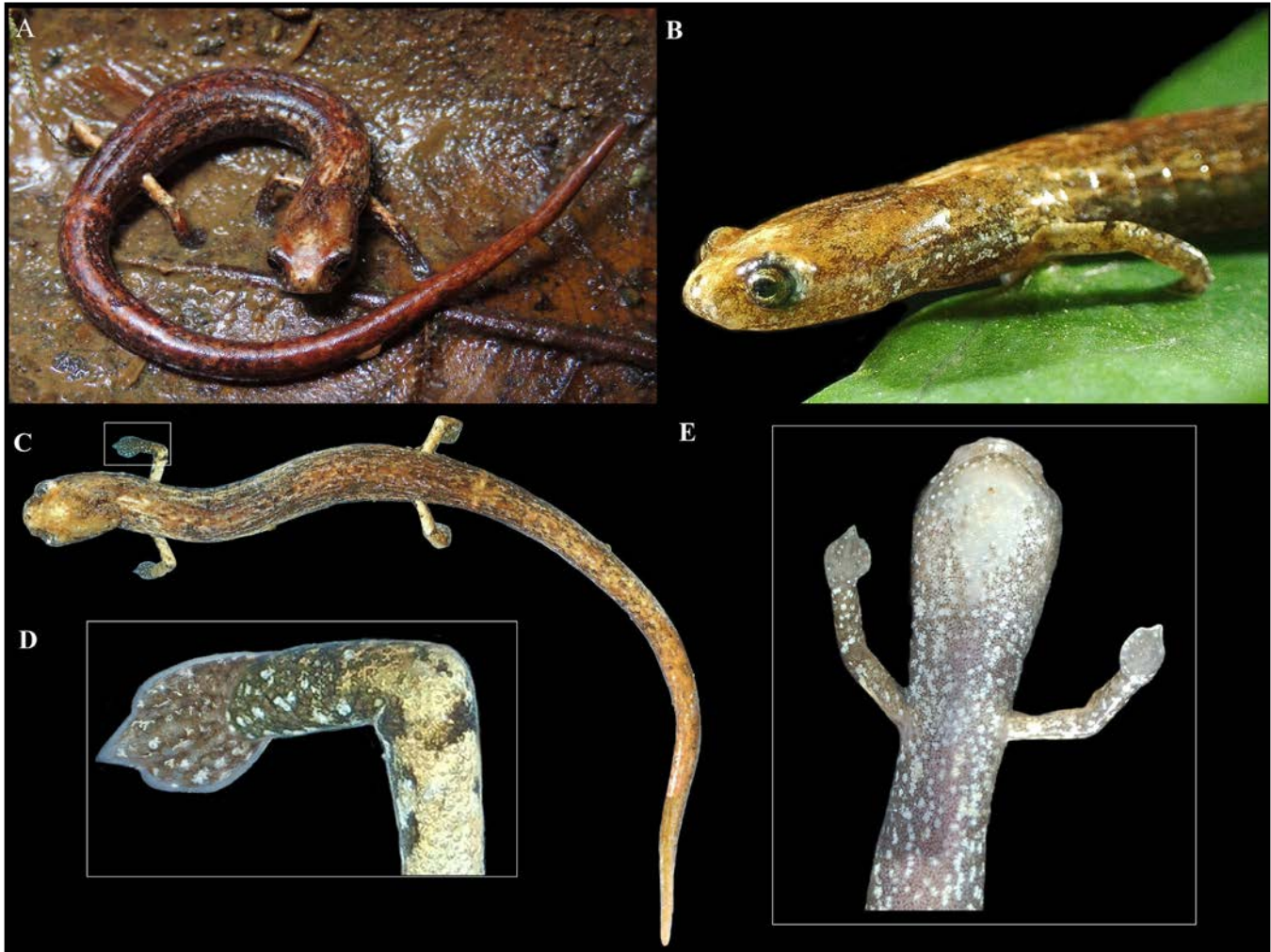


Figure 1. Diagnostic characteristics of a male individual of *Oedipina berlini* found in the Braulio Carrillo National Park. (A) Lighter-colored ring at the base of the tail, (B) lateral view, (C) dorsal view, (D) dorsal view of the hand with the longest digit terminating in a fleshy point, (E) ventral view, showing a central pale gular patch and large snout. Photos: Juan G. Abarca.

Figure 1. Características diagnósticas de un individuo de *Oedipina berlini* macho encontrado en el Parque Nacional Braulio Carrillo. (A) *O. berlini* con un anillo de color más claro en la base de la cola, (B) vista lateral, (C) vista dorsal, (D) vista dorsal de la mano con el dedo más largo que termina en una punta carnosa, (E) vista ventral, que muestra una mancha gular pálida central y un hocico grande. Fotos: Juan G. Abarca.

caudal autotomy (Sullivan et al., 2002; Bliss & Cecala, 2017), poisonous secretions in the skin (Hopkins & Migabo, 2010), crypsis, mimicry, aposematism and thanatosis (Myette et al., 2019). Jumping has also been reported for several species of the Plethodontidae family (Cochran, 1911; Murphy, 1917; Ryerson, 2013; Ryerson et al., 2016; Hessel & Nishikawa, 2017; Brown & Deban, 2020). However, for the genus *Oedipina*, this behavior has not been reported. Here we describe for the first time a defensive jumping behavior in *O. berlini*. The locality where we carried out the observation also represents the northernmost point of its known distribution.

On November 25, 2023, at 13:40 h, a small slender salamander was observed in a plot sampling as part of an inventory of amphibians and reptiles in Braulio Carrillo National Park, El Ceibo region, San Ramón, La Virgen de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica (10.327° N, 84.079° W, WGS 84, elev 530 m a.s.l.). The species was temporarily collected for identification and photographic documentation (SINAC-ACC-PI-re-069-2023). While taking photographs, the defensive behavior described below was observed, after which the individual was released where it was captured.

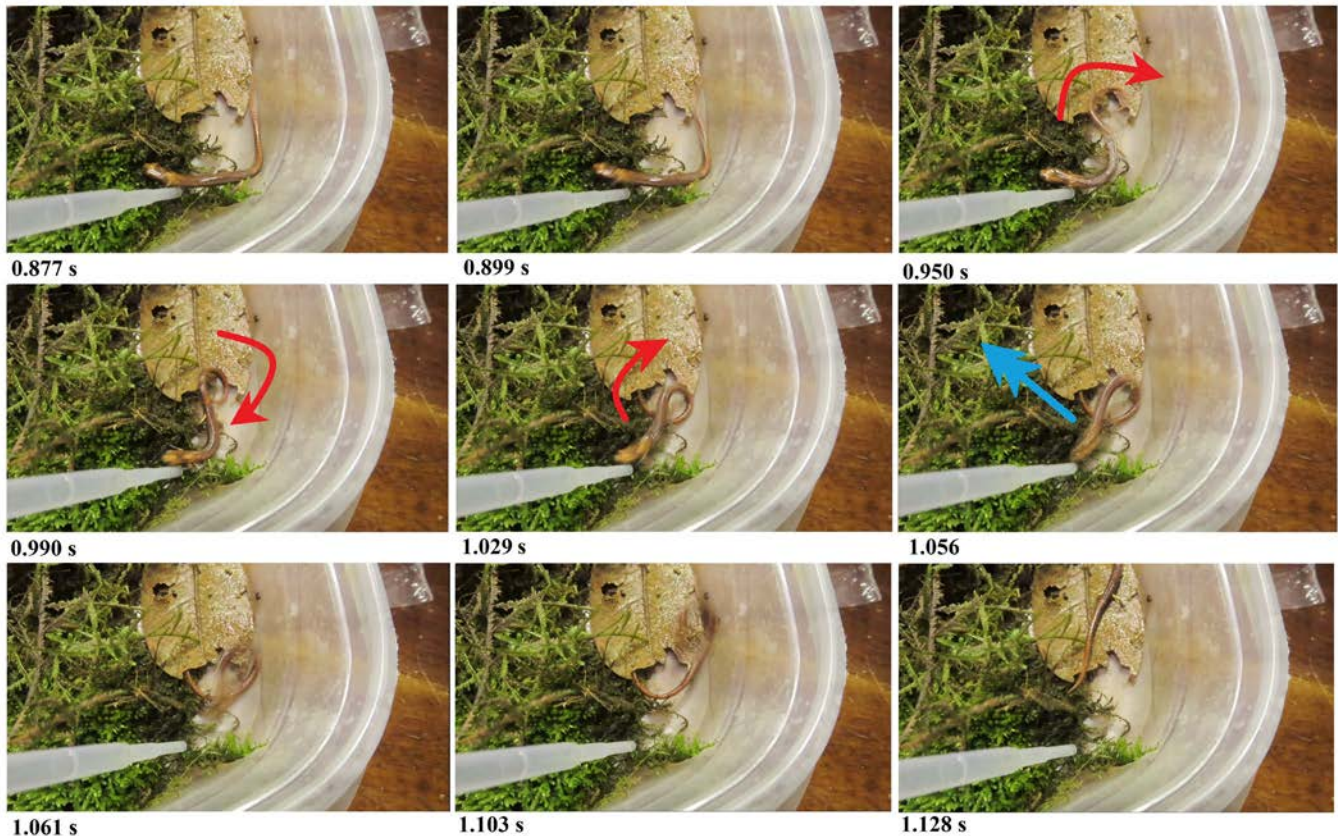


Figure 2. Defensive jumping behavior of *Oedipina berlini*. When the salamander detects the stimulus on its side, it begins to curl its tail, indicated by the red arrows. Once the tail is under the salamander's body, the individual uses momentum from the pelvic area and then extends the tail like a trigger, pushing the body backwards; a double blue arrow shows the direction of the jump.

Figura 2. Comportamiento defensivo de salto de *Oedipina berlini*. Cuando la salamandra detecta el estímulo en su costado, comienza a curvar la cola, indicado por las flechas rojas. Una vez que la cola está debajo del cuerpo de la salamandra, el individuo toma impulso con la zona pélvica y luego estira la cola a modo de gatillo, empujando el cuerpo hacia atrás; una doble flecha azul indica la dirección del impulso.

The species was identified as *O. berlini* based on the following characteristics: more than 13 and fewer than 20 costal grooves, fully webbed hands and feet with the longest digit terminating in a fleshy point (Fig. 1d), webbed margin of the hand lacking any evident indentation at the interdigital spaces, flat head, long prehensile tail, pale coloration in the central and anterior gular region (Fig. 1e), and being similar to the fourth individual shown in figure 8 of Kubicki (2016).

The dorsal coloration was a mixture of pale earthy tones ranging from tan to dark reddish brown, with fine white and dark brown to black spots and irregular markings scattered throughout (Figs. 1a and 1c) (Kubicki, 2016; Leenders, 2023). Species identification was corroborated by Erick Arias from Zoology Museum of the University of Costa Rica and Twan Leenders from Yale Peabody Museum of Natural History.

The observed individual was identified as a male, which are characterized by having a lighter ring at the base of the tail (Fig. 1a) and a larger snout than females (Fig. 1e).

Most of the time the individual walked slowly, but when it felt threatened and the side of its body was touched, it jumped between 3 to 10 cm from its original position. During the jumping process (Fig. 2), the salamander arched its body in a "S" shape pattern, primarily in the posterior region (seconds 0.950 and 0.990). The tail was placed below the body until it formed a complete circle (seconds 1.029). Once the tail was placed on the ground, it worked as support to propel the anterior part, and thus the body was propelled in the opposite direction (seconds 1.056 and 1.061). In this way, the salamander that was facing one direction (original position) completely rotated its body during the jump to place its head in the opposite direction (final



Figure 3. IUCN range polygon showing the known distribution of *Oedipina berlini* in the Caribbean side of Costa Rica, the historical records (sky blue dots), and the new record (yellow triangle) located in El Ceibo region of Braulio Carrillo National Park, the northernmost location reported for this species.

Figure 3. Polígono de distribución de la IUCN que indica la distribución conocida de *Oedipina berlini* en el lado Caribe de Costa Rica, mostrando los registros históricos (círculos celestes) y el nuevo registro (triángulo amarillo) ubicado en el sector de El Ceibo en el Parque Nacional Braulio Carrillo, punto más al norte reportada en esta especie.

position). The recorded jump took an average of 250 milliseconds (Fig. 2). Two of these jumps were video-recorded (<https://youtu.be/3mMhyBQjXEo>). The behavior was observed repeatedly until the individual was released.

The first observation of jumping behavior in plethodontid salamanders was described in *Plethodon cinereus* (Cochran, 1911).

Since then, it has been reported in *Aneides aeneus*, *A. lugubris*, *A. flavipunctatus*, *A. vagrans*, *Desmognathus ocoee*, *D. aeneus*, *D. fuscus*, *D. ochrophaeus*, *D. quadramaculatus*, *Plethodon cinereus*, *P. glutinosus*, *P. metcalfi*, *Eurycea guttolineata*, *E. wilderae*, *E. bislineata* and *E. longicauda* (Murphy, 1917; Ryerson, 2013; Ryerson et al., 2016; Hessel & Nishikawa, 2017; Brown & Deban, 2020). The jumping mechanism in most of these species occurs when salamanders

bend their body into a U-shaped pattern along one side, moving the anterior portion of the body toward the tail and then quickly straightening the torso (Ryerson, 2013). This rapid straightening of the body is driven by the axial musculature (Ryerson et al., 2016), the resulting wave from which propels the individual away from the stimulus with the forelimbs abducted (Hessel & Nishikawa, 2017; Brown & Deban, 2019). The jump we observed in *O. berlini* seems to differ greatly from those descriptions, since it initiated from the tail, and the impulse was made towards the opposite side of the head. Therefore, it does not seem to use the muscles of the trunk or the extremities, but rather those of the tail as the main driver. This way of jumping, powered by the tail, allows it to move greater distances quickly, which its tiny legs do not allow.

In addition, this species was previously reported in two localities, Guayacán and La Alegría, both of which are private reserves in the Cantón de Siquirres, in the province of Limón, within the Cordillera Volcánica Central (Kubicki, 2016). Prior to that, it was observed in 2011, in the Rara Avis Reserve (8.2 linear kilometers from El Ceibo); however, it was not reported as *O. berlini* until 2023 (Leenders, 2023). The species was also reported in 2019 in Veragua Rainforest Private Reserve, which is its southernmost distribution point in the country (IUCN, 2020). El Ceibo sector is the fifth known locality for the species, confirming its presence within Braulio Carrillo National Park and being the northernmost point of its distribution (Fig. 3).

The presence of *O. berlini* in this national park highlights the importance of species inventories within national conservation areas, since new salamander species and range extensions have been documented in recent years (Kubicki et al., 2022; Arias et al., 2023). All known observations of *O. berlini* have occurred in forested areas (public or private reserves), which suggests that habitat loss and deforestation could pose a significant threat for this species. Therefore, establishing and maintaining protected areas and furthering natural habitat connectivity within the current distribution of these species are fundamental conservation strategies.

Acknowledgements.— We thank the officials of the Braulio Carrillo National Park, in El Ceibo sector, for permitting us access to the park as part of the amphibian and reptile research (SINAC-ACC-PI-re-069-2023). We also want to thank Twan Leenders and Erick Arias, for their help with species identification and Magdalia Campobasso for reviewing the English grammar and writing in the document.

CITED LITERATURE

- Arias, E., G. Chaves & G. Parra-Olea. 2023. A new species of salamander (Caudata: Plethodontidae: *Bolitoglossa*) from the subalpine rain páramo of the Cordillera de Talamanca, Costa Rica. *Amphibian & Reptile Conservation* 17:143-160.
- Bliss, M.M & K.K. Cecala. 2017. Terrestrial salamanders alter antipredator behavior thresholds following tail autotomy. *Herpetologica* 73:94-99.
- Brown, C.E. & S.M. Deban. 2020. Jumping in arboreal salamanders: a possible tradeoff between takeoff velocity and in-air posture. *Zoology* 138:125724.
- Cochran, M.E. 1911. The biology of the red-backed salamander (*Plethodon cinereus erythronotus* Green). *The Biological Bulletin* 20:332-349.
- Frost, D.R. 2024. *Amphibian Species of the World: An Online Reference*. Version 6.2. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/>. American Museum of Natural History, New York, USA. [Consulted in January 2024].
- Hessel, A.L. & K.C. Nishikawa. 2017. The hip-twist jump: a unique mechanism for jumping in lungless salamanders. *Journal of Herpetology* 51:461-467.
- Hopkins, G.R. & S.W. Migabo. 2010. Antipredator skin secretions of the long-toed salamander (*Ambystoma macrodactylum*) in its northern range. *Journal of Herpetology* 44:627-633.
- IUCN. 2020. *Oedipina berlini*. List of Threatened Species 2020: e.T112686013A112686053. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T112686013A112686053.en>. The IUCN Red List. [Consulted in January 2024].
- Jacobsen, C.D., D.J. Brown, W.D. Flint, T.K. Pauley, K.A. Buhlmann & J.C. Mitchell. 2020. Vulnerability of high-elevation endemic salamanders to climate change: a case study with the Cow Knob Salamander (*Plethodon punctatus*). *Global Ecology and Conservation* 21:e00883.
- Kubicki, B. 2016. A new species of salamander (Caudata: Plethodontidae: *Oedipina*) from the central Caribbean foothills of Costa Rica. *Mesoamerican Herpetology* 3:819-840.



- Kubicki, B. 2020. *Oedipina berlini*, in IUCN Red List of Threatened Species. Version 2023.1. <https://www.iucnredlist.org/> [Consulted in December 2023].
- Kubicki, B., A. Reyes & E. Arias. 2022. Revised taxonomy and distributions of Costa Rican moss salamanders (Caudata: Plethodontidae: *Nototriton*), with descriptions of new taxa. *Zootaxa*, 5194:451-496.
- Leenders. T. 2016. *Amphibians of Costa Rica*. Cornell University Press. Ithaca, New York, USA.
- Leenders. T. 2023. *Pocket Guide to the Amphibians and Reptiles of Costa Rica*. Cornell University Press. Ithaca, New York, USA.
- Mimicking Tool for Assessing larval salamanders in temperate forest streams. *Natural Areas Journal* 40:318-325.
- Murphy, R.C. 1917. The jumping ability of *Plethodon* and its possible bearing upon the origin of saltation in the ancestors of the Anura. *Copeia* 1917:105-106.
- Myette, A.L., T.J Hossie & D.L. Murray. 2019. Defensive posture in a terrestrial salamander deflects predatory strikes irrespective of body size. *Behavioral Ecology* 30:1691-1699.
- Ryerson, W.G. 2013. Jumping in the salamander *Desmognathus ocoee*. *Copeia* 2013:512-516.
- Ryerson W.G., A.L. Hessel & L.B. Whitenack. 2016. Comparative jumping mechanics in plethodontid salamanders. *Zoology* 299:51-57.
- 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.
- Sullivan, A.M., J.C. Maerz & D.M. Madison. 2002. Anti-predator response of red-backed salamanders (*Plethodon cinereus*) to chemical cues from garter snakes (*Thamnophis sirtalis*): laboratory and field experiments. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 51:227-233.
- Wagler, J.G. 1830. *Natürliches System der Amphibien: mit Vorangehender Classification der Säugethiere und Vögel: ein Beitrag zur vergleichenden Zoologie*. Cotta'schen, München, Alemania.
- Wilson, L.D., V. Mata-Silva & J.D. Johnson. 2013. A conservation reassessment of the reptiles of Mexico based on the EVS measure. *Amphibian & Reptile Conservation* 7:1-47.



UNA COLECCIÓN BIOLÓGICA REGIONAL PARA EL ESTUDIO DE LOS ANFIBIOS Y REPTILES EN SINALOA, MÉXICO

A REGIONAL BIOLOGICAL COLLECTION FOR THE STUDY OF AMPHIBIANS AND REPTILES IN SINALOA, MEXICO

Héctor Alexis Castro-Bastidas^{1*}

¹Posgrado en Ciencias Aplicadas al Aprovechamiento de los Recursos Naturales, Centro de Estudios “Justo Sierra” (CEJUS), Surutato 80600, Badiraguato, Sinaloa, México.

Correspondence: salamander@cejus.edu.mx

Received: 2024-03-11. Accepted: 2024-05-10. Published: 2024-06-13.

Editor: Irene Goyenechea Mayer-Goyenechea, México.

Las colectas científicas desempeñan un papel fundamental en la obtención de datos precisos y enriquecen nuestra comprensión de la biodiversidad. Esto implica la recolección sistemática de especímenes biológicos, como plantas, animales, hongos y microorganismos, así como datos asociados, ubicación, fecha y características ambientales (Simmons, 1987). Estas actividades contribuyen significativamente a la investigación taxonómica, la monitorización ambiental, la creación de registros históricos, y otros aspectos esenciales en diversas disciplinas científicas (Rohwer et al., 2022; Nachman et al., 2023).

En el contexto mexicano, a principios del siglo XX, la tradición de desarrollar Museos de Historia Natural se había desvanecido. Fue gracias al interés y esfuerzo de biólogos mexicanos que establecieron colecciones a nivel personal, las cuales posteriormente se institucionalizaron (Casas-Andreu et al., 1991). Regionalmente, las colecciones científicas juegan un papel clave al constituir un inventario florístico y faunístico detallado de una determinada área geográfica. Además de proporcionar información sobre patrones de distribución y aspectos bioculturales, estas colecciones son esenciales para la gestión y conservación de especies (Reyes-Castillo, 1980; Casas-Andreu et al., 1991). También desempeñan un papel crucial en la formación de recursos humanos especializados, como taxónomos, especialmente en países como México, donde la mayoría de las investigaciones han sido llevadas a cabo por extranjeros al encontrarse la mayoría de los especímenes en otros países (Reyes-Castillo, 1980).

El estado de Sinaloa, ubicado en el noroeste de México, alberga actualmente un total de 166 especies de anfibios y reptiles (Uetz et al., 2023; Frost, 2024), gracias a su rica biota generada por su ubicación geográfica. Esta diversidad combina especies procedentes de los desiertos del norte, las zonas tropicales de tierras bajas del sur y los entornos templados de las laderas occidentales de la Sierra Madre Occidental (Lemos-Espinal & Smith, 2020). Con una superficie de 58,092 km² y un relieve de hasta 2,779 m s.n.m., Sinaloa también limita al oeste con el Golfo de California y el Océano Pacífico, cuya costa se encuentra ampliamente dividida en pequeñas islas y franjas de tierra paralelas al continente donde drenan por al menos diez ríos principales (Hardy & McDiarmid, 1969).

Por ello, el estado de Sinaloa es de gran interés biológico debido a las pronunciadas variaciones estacionales, la diversidad de ecosistemas y la existencia de la Zona de Transición Mexicana, que se intercepta dentro del estado (Serrano et al., 2014; López-García & Morrone, 2023). Aunque esta región ha llegado a ser considerada como una de las mejor comprendidas en cuanto a su diversidad herpetofaunística debido a estudios previos realizados a mediados del siglo XX (Flores-Villela et al., 2004), es necesario llevar a cabo exploraciones recientes, especialmente en zonas de alta elevación, donde las colectas siguen siendo escasas debido a la dificultad de acceso y necesitan ser ampliamente aumentadas. Aquí, presento fundamentos a la propuesta de establecer una colección biológica enfocada principalmente en el estudio de los anfibios y reptiles de



Sinaloa. El establecimiento de una colección herpetológica en Sinaloa representa una oportunidad única para fortalecer la investigación científica, la educación, promover la colaboración con otros investigadores del país, así como del extranjero, y la conservación de la biodiversidad en la región.

La llanura costera de Sinaloa fue explorada por primera vez por naturalistas europeos a principios del siglo XIX (Hardy & McDiarmid, 1969). El puerto de Mazatlán sirvió como punto de embarque para especímenes en Sinaloa y de otras zonas del noroeste de México (colectas realizadas por Ferdinand Deppe a principios de 1800; Wagler, 1830; Gray, 1831, 1855; Weigmann, 1834; Peters, 1867; Jan, 1863; Fischer, 1883). Posteriormente, múltiples herpetólogos que exploraron Sinaloa en las primeras décadas del siglo XX realizaron pequeñas colecciones científicas de anfibios y reptiles en los municipios de Culiacán y Mazatlán, estos especímenes después fueron enviados a Museos Nacionales en Estados Unidos y Europa (Fig. 1 y Apéndice I).

A partir de 1936, surgieron varios trabajos sobre la herpetofauna de Sinaloa, abordando temas como distribución, ecología, historia natural y taxonomía (Taylor, 1936; Martín del Campo, 1941; Smith & Van Gelder, 1955; Lewis & Johnson, 1956; Duellman, 1957; Fugler & Dixon, 1961; Campbell & Simmons, 1962; Scott, 1962). La finalización de las principales carreteras en 1950 facilitó la exploración herpetológica en regiones como Los Mochis, Guasave, Culiacán y Mazatlán (Hardy & McDiarmid, 1969). Durante las décadas de 1960 y 1970, Laurence M. Hardy y Roy W. McDiarmid realizaron investigaciones exhaustivas en Sinaloa, contribuyendo de manera significativa al conocimiento herpetofaunístico de México (Hardy & McDiarmid, 1969; McDiarmid et al., 1976). Sus estudios destacaron aspectos ecológicos, de historia natural, comportamiento, fisiología y distribución, además de ofrecer detalladas descripciones morfológicas de las especies de la región. También resaltaron la importancia biogeográfica de Sinaloa, de esta manera

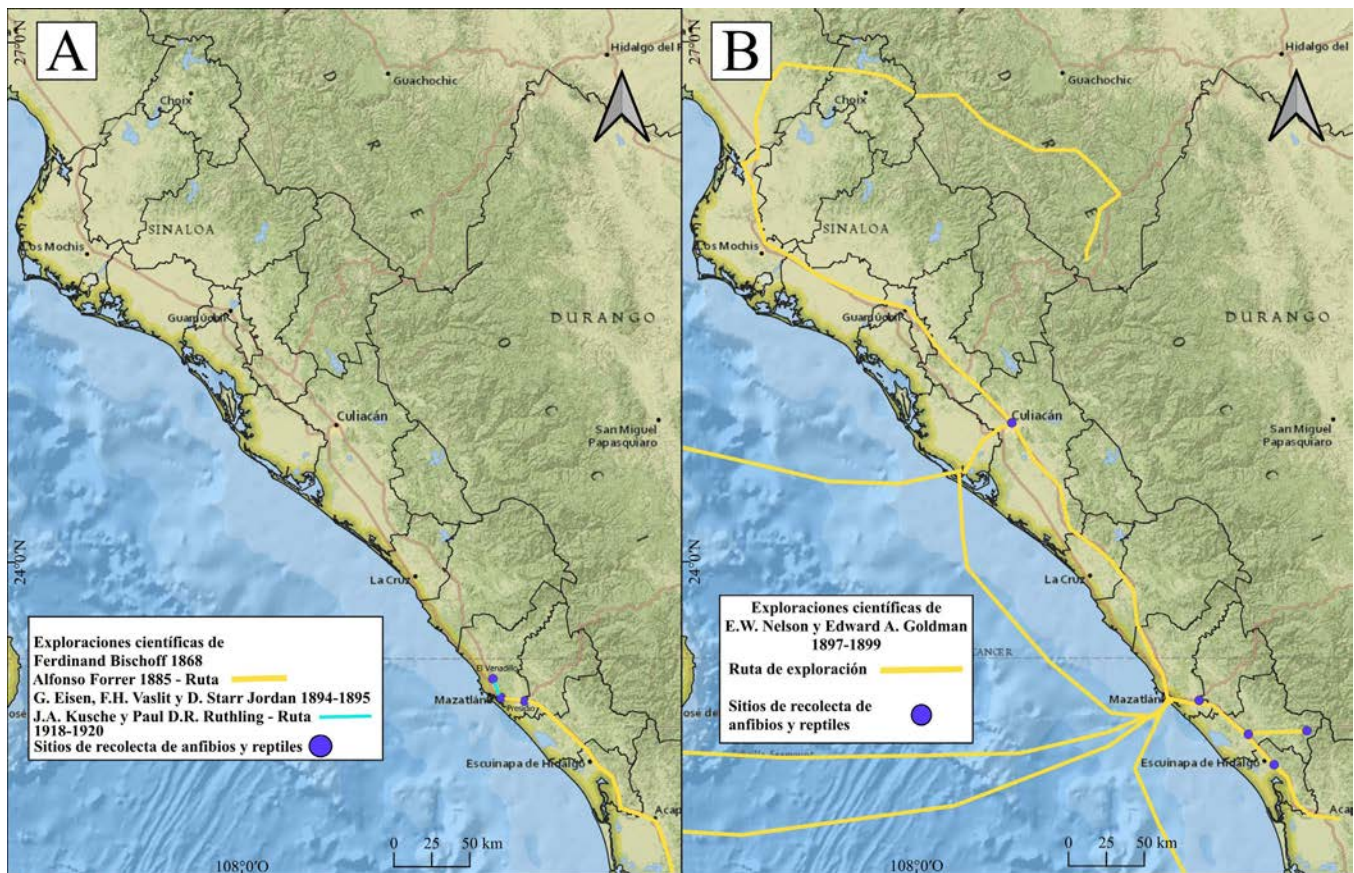


Figure 1. Scientific explorations carried out by naturalists in the 19th and early 20th centuries. Maps were made using the descriptions of Taylor (1936), Hardy and McDiarmid (1969), and Flores-Villela et al. (2004).

Figura 1. Exploraciones científicas realizadas por naturalistas en el siglo XIX y principios del siglo XX. Mapas realizados con las descripciones de Taylor (1936), Hardy y McDiarmid (1969) y Flores-Villela et al. (2004).

Table 1. Number of species reported in the lists of amphibians and reptiles of Sinaloa.**

Tabla 1. Número de especies reportadas en los listados sobre anfibios y reptiles de Sinaloa.**

| Publicación | Anfibios | Reptiles | Número de especies reportadas |
|------------------------------|----------|----------|-------------------------------|
| Taylor (1936) | 13 | 48 | 61 |
| Hardy y McDiarmid (1969) | 32 | 99 | 131 |
| Lavín et al. (2004)* | 35 | 98 | 133 |
| Enderson et al. (2009) | 36 | 110 | 146 |
| Lemos-Espinal & Smith (2020) | 39 | 120 | 159 |

*Este autor usa como referencia el listado actualizado de McDiarmid et al. (1976).

**Además, aquí no se tomó en cuenta el listado de Webb (1984) porque el autor consideró como referencia listados previos y solo se enfocó en muestrear Durango.

convirtieron a la región en una de las mejor estudiadas gracias a sus investigaciones (Flores-Villela et al., 2004).

En 1984, Rober G. Webb estudió los patrones de diversidad de anfibios y reptiles a lo largo de la carretera Mazatlán-Durango (Webb, 1984), aunque su enfoque principal fue el estado de Durango, tomando como referencia el trabajo previo de Hardy y McDiarmid (1969) para Sinaloa. Sin embargo, a partir de la década de 1970 hasta el 2020, las investigaciones y recolectas científicas de anfibios y reptiles en Sinaloa disminuyeron drásticamente, posiblemente debido al incremento de los conflictos sociales en la región y a la ausencia de investigadores locales interesados en este grupo (Sarukhán & García-Méndez, 2003; Flores-Villela et al., 2004; Castro-Bastidas & Serrano, 2022). Durante de este periodo los trabajos sobre la herpetofauna del estado se limitaron a listados de especies (Tabla 1).

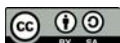
En años recientes, ha habido un resurgimiento del interés local en el estudio de los anfibios y reptiles de Sinaloa, con investigaciones que abarcan diversidad de especies, distribución, comportamiento, dieta, parásitos, enfermedades, malformaciones, reproducción y ecología (Saucedo et al., 2019; Loc-Barragán et al., 2020; Uriarte-Garzón et al., 2020; Castro-Bastidas, 2022ab; Castro-Bastidas et al., 2022; Castro-Bastidas & Serrano, 2022; Lara-Reséndiz & Jacobo-González, 2022; Jacobo-González & Castro-Bastidas, 2022; Morales-Lugo et al., 2022; Castro-Bastidas et al., 2023; Aguirre-Zazueta et al., 2023a; Gamez-Duarte et al., 2023; Isaak-Delgado et al., 2023; Jacobo-González et al., 2023; Payan-Cazares et al., 2023; Castro-Bastidas, 2024). A pesar del creciente uso de la ciencia ciudadana

para estudiar la diversidad del estado (Castro-Bastidas & Serrano, 2022), persisten limitaciones en la obtención de datos precisos debido a la falta de dirección por parte de investigadores especializados. Los estudios genéticos, morfológicos y taxonómicos también son escasos (Loc-Barragán et al., 2020; Devitt et al., 2023), y la dificultad de acceso a ciertas regiones aún continúa debido a los conflictos sociales (Hernández-Salinas et al., 2023), factor que contribuye a este vacío de información.

La ausencia de recolectas científicas tanto por investigadores nacionales como extranjeros ha creado un sesgo en el conocimiento del estatus actual de la herpetofauna de Sinaloa. Aunque a nivel nacional se describen nuevas especies de anfibios y reptiles cada año (Ramírez-Bautista et al., 2023), las especies presentes en Sinaloa que se describen o examinan en estos estudios suelen quedar en duda o sin describir (Grünwald et al., 2018; Jameson et al., 2022). Los argumentos de estos casos se deben a que se examinan ejemplares viejos, colectados una sola vez o en una sola localidad, no se cuentan con datos genéticos y no se realizan recolectas adicionales. A continuación, se describen algunos ejemplos de estos casos:

***Craugastor cf. hobartsmithi*.** Jameson et al. (2022), describieron seis nuevas especies de ranas del género *Craugastor* en México mencionando que *C. pygmaeus* había sido confundido con *C. hobartsmithi* en Jalisco, Nayarit y Sinaloa. Por lo tanto, los autores limitaron la distribución de *C. pygmaeus* al sur del país, mientras que los individuos de la costa norte-oeste donde había sido confundida la especie la remitieron a *C. cf. hobartsmithi* en espera de mayor investigación (Fig. 2A). Cabe resaltar que en este estudio no se examinaron ni se hicieron recolectas adicionales de especímenes de Sinaloa. Además, individuos de *C. pygmaeus* como los de *C. hobartsmithi* en Sinaloa tienen años sin registrarse (Castro-Bastidas & Serrano, 2022). Expediciones específicas en busca de individuos de *C. cf. hobartsmithi* en Sinaloa son necesarias para conocer su estado de conservación y la recolecta de especímenes contribuiría a esclarecer su identidad taxonómica en próximos estudios.

***Sarcohyala hapsa*.** Solo existe un individuo recolectado de esta especie en el sur de Sinaloa, por lo que no se ha vuelto a recolectar por más de 50 años (Castro-Bastidas & Serrano, 2022). Los individuos de *S. bistrincta* que se distribuyen desde la Sierra Madre Occidental y Faja Transneovolcánica hasta Jalisco fueron asignados a la nueva especie *S. hapsa* descrita por Campbell et al. (2018), por otra parte, *S. bistrincta* (anteriormente en Sinaloa) la restringieron al centro y suroeste de México. En el mismo año, Zarza et al. (2018) discutieron los linajes de *Sarcohyala* y advirtieron que se requiere muestreo adicional antes de nombrar



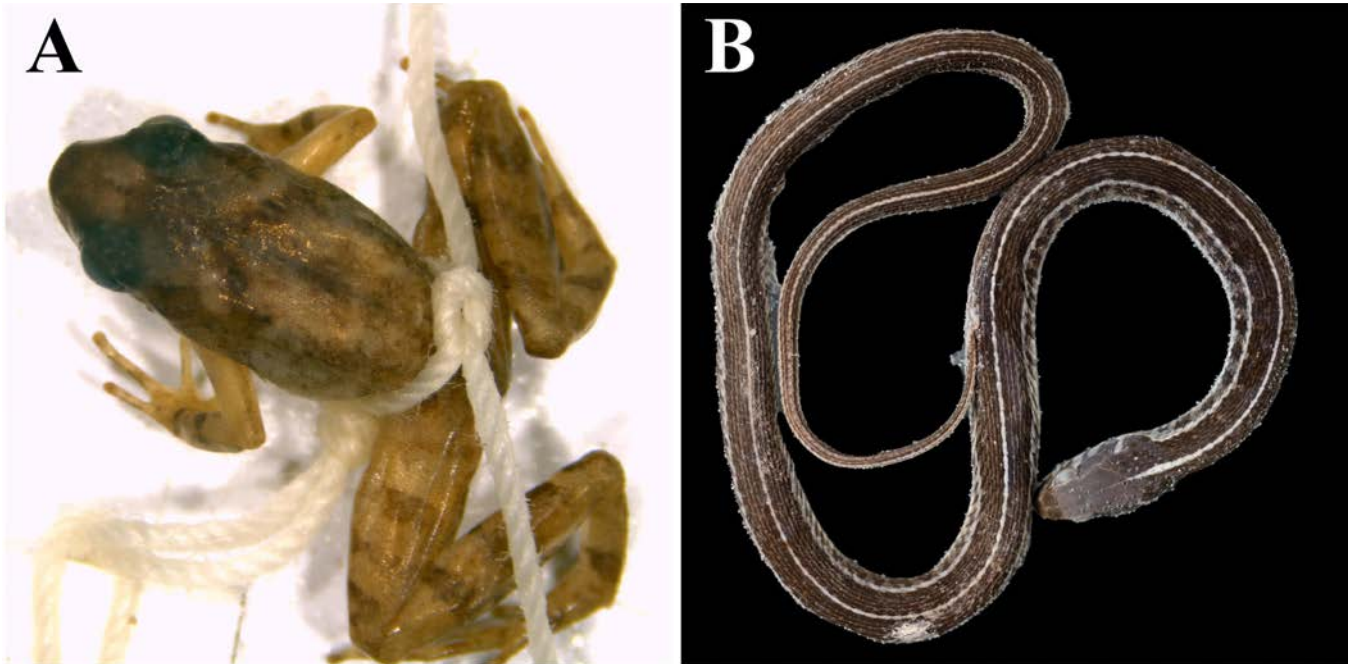


Figure 2. A) Specimen of *Craugastor* cf. *hobartsmithi* collected in Sinaloa (CAS-HERP 175712). Photo: Erica J. Ely. B) Specimen of *Thamnophis eques* (CMNAR 8297) collected in southern Sinaloa. Photo: Stéphanie Tessier.

Figura 2. A) Especímen de *Craugastor* cf. *hobartsmithi* recolectado en Sinaloa (CAS-HERP 175712). Foto: Erica J. Ely. B) Especímen de *Thamnophis eques* (CMNAR 8297) recolectado al sur de Sinaloa. Foto: Stéphanie Tessier.

especies. Finalmente, Kaplan y Aguilar (2020) comentaron que los fundamentos usados por Campbell et al. (2018) solo estaban basados en morfología y distribución de ejemplares tipo sin hacer recolectas adicionales y que no describieron en su artículo qué características tomaron en cuenta para separar a las especies, sugirieron que es necesario un análisis filogenético para sustentar la propuesta de nuevas especies del grupo. En la descripción de *S. hapsa* no se examinaron especímenes de Sinaloa, por lo que no solo expediciones en busca de individuos de la especie ayudarían a conocer su estado de conservación sino también la recolecta de especímenes complementaria estudios sistemáticos posteriores.

***Lithobates cora*.** Recientemente se describieron nuevas especies para la Familia Ranidae en la costa del Pacífico mexicano, Pérez-Ramos y Luján-Molina (2023) con base en características morfológicas de especímenes recolectados en esta región y bases genéticas descritas previamente propusieron esta especie. Los autores determinaron que las poblaciones de *L. forreri* de la zona norte de la costa del Pacífico mexicano difieren de las del sur del país. La variabilidad morfológica en el género *Lithobates* es ampliamente conocida (Hillis et al., 1983; Zaldivar et al., 2004) y en este estudio se examinaron pocos ejemplares de Nayarit y solo uno de Sinaloa. Por lo tanto, es difícil determinar la distribución

real de esta especie. Se sugieren recolectas adicionales y datos genéticos actualizados para sustentar la presencia de esta especie en Sinaloa y el resto del noroeste de México.

***Crotalus molossus*.** Se ha sugerido que *C. basiliscus* y *C. molossus* son especies simpátricas que muestran intergradación entre el sur de Sonora y norte de Sinaloa (Klauber, 1952; Hardy & McDiarmid, 1969). Aunque se ha pretendido describir el rango de distribución de ambas especies con estudios genéticos (Muñoz-Mora et al., 2022), no se han realizado recolectas adicionales para describir si existe una superposición real en los rangos de distribución de ambas especies. Se requiere mayor exploración científica en el interior de Sinaloa para conocer más aspectos ecológicos de la especie, además, de que los individuos encontrados de estas especies deben ser examinados para dilucidar su determinación taxonómica.

***Leptodeira* spp.** Lemos-Espinal y Smith (2020) no incluyeron en su listado sobre la herpetofauna de Sinaloa a *L. septentrionalis*, probablemente porque Barrio-Amorós (2019) elevó a *L. septentrionalis polysticta* a nivel de especie, por lo que los individuos del occidente de México fueron considerados *L. polysticta* hasta ese momento (Aguirre-Zazueta et al., 2023a). Sin embargo, Barrio-Amorós (2019) no examinó especímenes



Figure 3. A) Individual of *Isthmura sierraoccidentalis* observed in Sierra Yepachic, Chihuahua (iNaturalist: 5518554). Photo: Alejandro Linares González. B) Individual of *Lampropeltis greeri* observed in El Salto, Durango (iNaturalist: 180897662). Photo: Tyler Kennedy.

Figura 3. A) Individuo de *Isthmura sierraoccidentalis* observado en Sierra Yepachic, Chihuahua (iNaturalist: 5518554). Foto: Alejandro Linares González. B) Individuo de *Lampropeltis greeri* observado en El Salto, Durango (iNaturalist: 180897662). Foto: Tyler Kennedy.

en su estudio, sino que compiló una revisión de literatura para organizar la sistemática del grupo. Posteriormente, Costa et al. (2022) volvieron a realizar un estudio con enfoque filogenético del género *Leptodeira* donde concluyeron que su estudio no apoya la elevación a especie de *L. polysticta* y argumentaron que mantener el nivel subespecífico para ambos morfotipos representa un enfoque más conservador. En Sinaloa se registran cuatro especies pertenecientes a este grupo, *L. maculata*, *L. punctata*, *L. septentrionalis* y *L. splendida* (Jacobo-González et al., 2023; Castro-Bastidas et al., 2024), además, descripciones de este grupo no se han realizado en Sinaloa desde Hardy y McDiarmid (1969). Se sugiere que en futuros estudios sistemáticos se examinen las recolectas históricas de estas especies de serpientes o, en caso necesario, se realicen recolectas adicionales.

***Thamnophis eques*.** Existen registros históricos de *T. eques* de Sinaloa en los municipios de Concordia, El Rosario y Escuinapa, según GBIF (2024) (Fig. 2B). Sin embargo, Lemos-Espinal y Smith (2020) no incluyeron a esta especie en su listado ni ofrecieron argumentos para su exclusión. Dado que *T. eques* es morfológicamente similar a *T. cyrtopsis*, pueden llegar a ser

confundidas. Es probable que *T. eques* se encuentre en la sierra norte de Sinaloa, por lo que, la recolecta de individuos de estas especies u otros casos similares ayudaría a una correcta identificación.

La confluencia de la Zona de Transición Mexicana promueve una composición de fauna y flora de origen neártico y neotropical en Sinaloa que sumado a los ecosistemas que rodean el estado posiblemente influyan en la variabilidad morfológica de muchas especies de la región (McDiarmid et al., 1976; Bezy et al., 2017; Castro-Bastidas et al., 2024). Por lo tanto, realizar recolectas de especímenes de anfibios y reptiles en esta región de Sinaloa podría ser importante para comprender mejor la diversidad biológica y los procesos evolutivos que ocurren en este ecosistema único.

Por otro lado, Lemos-Espinal y Smith (2020) incluyeron en su listado especies cuya presencia se infiere por su distribución en estados vecinos, sin recolecta de especímenes ni observaciones con evidencia fotográfica para Sinaloa, como *Anaxyrus mexicanus*, *Isthmura sierraoccidentalis* y *Lampropeltis greeri* (Fig. 3; Serrano et



Figure 4. A) Specimens collected from the Laboratorio de Zoología of the Facultad de Biología, Universidad Autónoma de Sinaloa. Photograph by José David Jacobo González. B) Specimens collected from the Laboratorio de Ictiología y Biodiversidad of the Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD A.C.) Mazatlán Unit. Photograph sourced from the institution's digital database: <https://www.ciad.mx/colpeces/>.

Figura 4. A) Recolectas del Laboratorio de Zoología de la Facultad de Biología, Universidad Autónoma de Sinaloa. Fotografía tomada por José David Jacobo González. B) Laboratorio de Ictiología y Biodiversidad del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD A.C.) Unidad Mazatlán. Fotografía tomada de la base de datos digital de la Institución: <https://www.ciad.mx/colpeces/>.

Table 2. Specimens of amphibians and reptiles deposited at the Facultad de Biología of the Universidad Autónoma de Sinaloa, as well as specimens that were deposited at CIAD A.C. unidad Mazatlán and were later sent to the Museo de Zoología of the UNAM.

Tabla 2. Especímenes de anfibios y reptiles depositados en la Facultad de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Además de especímenes que estuvieron en depositados en CIAD A.C. unidad Mazatlán que posteriormente fueron enviados al Museo de Zoología de la UNAM.

| Laboratorio de Zoología, Facultad de Biología, Universidad Autónoma de Sinaloa | | | Laboratorio de Ictiología y Biodiversidad, CIAD A.C. Unidad Mazatlán | | |
|--|----------------------|--------------------------------------|--|----------------------|-----------------------------|
| Especies | Etapas de desarrollo | Localidad | Especies | Etapas de desarrollo | Localidad |
| | Anfibios | | | Anfibios | |
| <i>Agalychnis dacnicolor</i> | Juvenil | Culiacán (Morales-Lugo et al., 2022) | <i>Anaxyrus punctatus</i> | Adulto | San Ignacio (MZFC 33460) |
| | Reptiles | | <i>Incilius mazatlanensis</i> | Adulto | San Ignacio (MZFC 33406) |
| <i>Crocodyrylus moreletii</i> | Huevos | | <i>Eleutherodactylus interorbitalis</i> | Adulto | San Ignacio (MZFC 33436) |
| <i>Crocodyrylus acutus</i> | Juveniles | | <i>Smiliscia baudinii</i> | Adulto | San Ignacio (MZFC 33414) |
| <i>Sceloporus clarkii</i> | Adulto | Culiacán | <i>Tripriion spatulatus</i> | Adulto | San Ignacio (MZFC 33467) |
| <i>Drymobius margaritiferus</i> | Adulto | | <i>Leptodactylus melanonotus</i> | Adulto | San Ignacio (MZFC 33442) |
| <i>Gyalopion quadrangulare</i> | | | <i>Agalychnis dacnicolor</i> | Adulto | San Ignacio (MZFC 33472) |
| <i>Lampropeltis polyzona</i> | Adulto | | | Reptiles | |
| <i>Pituophis catenifer</i> | Adulto | | <i>Anolis nebulosus</i> | | San Ignacio (MZFC 32992) |
| <i>Imantodes gemmistratus</i> | | | <i>Hemidactylus frenatus</i> | | San Ignacio (MZFC 33400) |
| <i>Hydrophis platurus?</i> | | | <i>Sceloporus clarkii</i> | | San Ignacio (MZFC 33401) |
| <i>Micrurus distans</i> | Adulto | | <i>Sceloporus nelsoni</i> | Adulto | San Ignacio (MZFC 32998) |
| <i>Storeria storerioides</i> | | Badiraguato | <i>Urosaurus bicarinatus</i> | | San Ignacio (MZFC 33399) |
| <i>Crotalus basiliscus?</i> | | | <i>Phyllodactylus tuberculatus</i> | | San Ignacio (MZFC 33403) |
| <i>Chelonia mydas</i> | Huevos y juveniles | Elota | <i>Aspidoscelis costatus</i> | | San Ignacio (MZFC 33474) |
| | | | <i>Lampropeltis polyzona</i> | | San Ignacio (MZFC 33396) |
| | | | <i>Masticophis bilineatus</i> | | San Ignacio (MZFC 33471) |
| | | | <i>Trachemys ornata</i> | | San Ignacio (no disponible) |
| | | | <i>Kinosternon integrum</i> | | San Ignacio (no disponible) |

*Los especímenes de *H. platurus* y *C. basiliscus* de la Facultad de Biología UAS están desaparecidos.

**Los huevos de *C. moreletii* fueron recolectados de la antigua granja COCOMEX de Culiacán por anomalías en el desarrollo.

***Es probable que se hayan recolectado más especímenes para CIAD A.C. unidad Mazatlán, pero aún no han sido catalogados en el Museo de Zoología UNAM.

al., 2006; Enderson et al., 2009). Adicionalmente, la ausencia de exploraciones científicas durante más de cinco décadas ha dejado tres especies de anfibios y 19 especies de reptiles que necesitan verificación para aclarar su estado de conservación (Castro-Bastidas & Serrano, 2022; Aguirre-Zazueta et al., 2023b). Por ello, el establecimiento de una colección biológica enfocada en el estudio de los anfibios y reptiles facilitaría el ingreso a este

tipo de especímenes, principalmente aquellos provenientes de la sierra de Sinaloa y complementaría los estudios morfológicos y genéticos que pueden ser fundamentales para comprender mejor la identidad y conservación de estas especies.

En el ámbito académico local, el Laboratorio de Zoología de la Facultad de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa (Fig. 4A) cuenta solo con algunas especies de anfibios y reptiles con fines de enseñanza (Tabla 2). Sin embargo, estos especímenes se encuentran en deterioro y sin mantenimiento,



por lo que, necesitan un proceso de restauración urgente. En contraste, el Laboratorio de Ictiología y Biodiversidad del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD A.C.) Unidad Mazatlán (Fig. 4B), cuenta con una pequeña colección dedicada principalmente al estudio de los peces. Este laboratorio aún cuenta con especímenes de anfibios y reptiles sin revisar (*com. pers.* Marcela Ruiz Guerrero) depositados por el herpetólogo Albert Maurits Van der Heiden† como resultado de un inventario faunístico del Área Natural Protegida Meseta de Cacaxtla. Cabe resaltar que otro conjunto de estos especímenes fueron enviados por Van der Heiden al Museo de Zoología de la Universidad Nacional Autónoma de México (MZFC) para su procesamiento (Tabla 2). Aunque en estas instituciones cuentan con especímenes de anfibios y reptiles de Sinaloa, en el estado no existe una colección dedicada específicamente en los anfibios y reptiles que apoye el estudio de la herpetología.

La falta de una colección herpetológica en Sinaloa limita tanto la comprensión de su diversidad como la formación académica de futuros herpetólogos locales. En mi experiencia reciente como estudiante de herpetología, he tenido que realizar exámenes detallados de especímenes en campo donde el acceso a internet para la consulta de guías o de los documentos donde se describen las especies puede ser limitado. Aunque las fotografías han contribuido a la identificación de especies a través del apoyo externo para su verificación, a veces es necesario recurrir a métodos adicionales como la toma de muestras físicas principalmente cuando en un área determinada existen especies morfológicamente similares.

Establecer una colección herpetológica en Sinaloa sería fundamental para mejorar la comprensión de la biodiversidad regional y facilitar la colaboración entre investigadores nacionales y extranjeros. En cambio, el depósito de especímenes en otras colecciones del país limitaría el sencillo acceso a estos por parte de los investigadores locales. Mantener estas muestras en colecciones locales asegura un acceso más eficiente y productivo para los estudiantes interesados en esta disciplina. Es crucial resaltar que establecer y cuidar una colección científica implica una significativa responsabilidad tanto a corto como a largo plazo por parte de la institución encargada de su custodia (Casas-Andreu et al., 1991). Además, es imprescindible que el curador cuente con un fundamento teórico sólido y tenga plena conciencia de las limitaciones y potencialidades de la sistemática en la actualidad. Por otro lado, la disposición de una infraestructura adecuada, porque no solo se demanda la conservación de ejemplares (Simmons, 1987), sino también de muestras de tejido, preferentemente mediante el uso de ultracongeladores (Pisani & Villa, 1974). Por lo que, también

es importante que se otorguen recursos para material de preservación de las muestras.

Asimismo, esto plantea un nuevo desafío con respecto a las nuevas generaciones que muestran una mayor preocupación por el bienestar animal y su valor en el ecosistema. Esta actitud también puede limitar la investigación científica al reducir la disponibilidad de especímenes para colecciones científicas (Rohwer et al., 2022; Nachman et al., 2023). Es crucial encontrar alternativas éticas para obtener muestras y promover la educación sobre la importancia de las colecciones científicas en la investigación y conservación de la biodiversidad (Casas-Andreu et al., 1991).

Por lo tanto, la propuesta de formar una colección científica en Sinaloa es aceptable, pero la realización de colecciones herpetológicas en Sinaloa debe tener objetivos claros, formalidad, un trato bioético evitando así el deterioro biológico en los lugares donde se realice la recolecta de especímenes y responsabilidad por parte de los curadores a cargo, así como, respaldo institucional para asegurar la sostenibilidad y el éxito de esta iniciativa.

Agradecimientos.- A Laurence M. Hardy y Roy W. McDiarmid por su interés, tiempo y esfuerzo dedicados a la herpetofauna de Sinaloa. Además, a José David Jacobo González (UAS), Marcela Ruiz Guerrero y Héctor Gandolfo Plascencia González (CIAD) por proporcionar información sobre los especímenes recolectados en sus instituciones. Asimismo, a Erica J. Ely (CAS) y Stéphanie Tessier (CMNAR) por proporcionar fotografías de los especímenes de sus colecciones herpetológicas. Además, a Alejandro Linares González y Tyler Kennedy por permitirme utilizar sus valiosas fotografías para ilustrar este documento. Por último, pero no por ello menos importante, a los revisores anónimos que han contribuido a mejorar este manuscrito.

LITERATURA CITADA

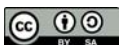
- Aguirre-Zazueta, M., J.D. Jacobo-González, H.A. Castro-Bastidas & J.A. Loc Barragán. 2023a. Observation of ophiophagy and possible arboreal behavior in *Micrurus distans* (Squamata: Elapidae) on *Leptodeira septentrionalis* (Squamata: Dipsadidae) and comments on its distribution in Sinaloa, Mexico. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:167-171.
- Aguirre-Zazueta, M., J.D. Jacobo González & H.A. Castro Bastidas. 2023b. Los reptiles de Sinaloa: nuevos registros municipales y listado de especies raras. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:85-91.



- Barrio-Amorós, C.L. 2019. On the taxonomy of snakes in the genus *Leptodeira*, with an emphasis on Costa Rican species. *Reptiles & Amphibians* 26:1-15.
- Bezy, R.L., P.C. Rosen, T.R. Van Devender & E.F. Enderson. 2017. Southern distributional limits of the Sonoran Desert herpetofauna along the mainland coast of northwestern Mexico. *Mesoamerican Herpetology* 4:138-167.
- Boulenger, G.A. 1882. Description of a new genus and species of frogs of the family Hylidae. *Annals and Magazine of Natural History serie 5* 10:326-28.
- Boulenger, G.A. 1883. Descriptions of new species of lizards and frogs collected by Herr A. Forrer in Mexico. *Annals and Magazine of Natural History serie 5* 11:342-44.
- Campbell, H. W. & R. S. Simmons. 1962. Notes on some reptiles and amphibians from western Mexico. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 61:193-203.
- Campbell, J.A., E.D. Brodie, Jr., I. W. Caviedes-Solis, A. Nieto-Montes de Oca, V.H. Luja, O. A. Flores-Villela, U.O. García-Vázquez, G.C. Sarker & E. Wostl. 2018. Systematics of the frogs allocated to *Sarcohyala bistincta* sensu lato (Cope, 1877), with description of a new species from Western Mexico. *Zootaxa* 4422: 366-384.
- Casas-Andreu, G., G. Valenzuela-López & A. Ramírez-Bautista. 1991. Cómo hacer una colección de anfibios y reptiles. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Cuadernos 10, México, D.F., México.
- Castro-Bastidas, H.A. & J.M. Serrano. 2022. La plataforma Naturalista como herramienta de ciencia ciudadana para documentar la diversidad de anfibios en el estado de Sinaloa, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 5:156-178.
- Castro-Bastidas, H.A. 2022a. Nuevos registros del sapo chihuahuense *Incilius mccoysi* (Anura: Bufonidae) y ampliación de distribución de la rana esmeralda *Exerodonta smaragdina* (Anura: Hylidae) para Sinaloa, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 5:15-19.
- Castro-Bastidas, H.A. 2022b. Juveniles of *Rhinella horribilis* Wiegmann 1833 (Anura, Bufonidae) as potential prey for *Thamnophis cyrtopsis* Kennicott 1860 (Squamata, Natricidae). *Boletín Chileno de Herpetología* 9:49-50.
- Castro-Bastidas, H.A., H. Velarde-Urías, M.C. Soto-Cisneros & J.E. Cortés-Suárez. 2022. First Case of Microphthalmia in Forrer's Leopard Frog, *Lithobates forreri* Boulenger 1883 (Anura: Ranidae), in Mexico. *Reptiles & Amphibians* 29:335-336.
- Castro-Bastidas, H.A. 2024. Primer registro insular de *Ctenosaura macrolopha* Smith, 1972 (Squamata: Iguanidae) para México. *Revista Ciencia y Mar* 28:31-36.
- Cope, E.D. 1864. Contributions to the herpetology of tropical America. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 16:166-81.
- Cope, E.D. 1868. Sixth contribution to the heipetology of tropical America. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 20:305-13.
- Costa, J.C., R. Graboski, F.G. Grazziotin, H. Zaher, M.T. Rodrigues & A.L.D.C. Prudente. 2022. Reassessing the systematics of *Leptodeira* (Serpentes, Dipsadidae) with emphasis in the South American species. *Zoologica Scripta* 51:415-433.
- Devitt, T.J., K. Tseng, M. Taylor-Adair, S. Koganti, A. Timugura & D.C. Cannatella. 2023. Two new species of *Eleutherodactylus* from western and central Mexico (*Eleutherodactylus jamesdixonii* sp. nov., *Eleutherodactylus humboldti* sp. nov.). *PeerJ* 11: e14985.
- Duellman, W.E. 1957. Sexual dimorphism in the Hylid frog *Agalychnis dacnicolor* Cope and the status of *Agalychnis alcorni* Taylor. *Herpetologica* 13:29-30
- Enderson, E.F., A. Quijada-Mascareña, D.S. Turner, P.C. Rosen & R.L. Bezy. 2009. The herpetofauna of Sonora, Mexico, with comparison to adjoining states. *Check List* 5:632-672.
- Flores-Villela, O.A., H.M. Smith & D. Chiszar. 2004. The history of herpetological exploration in Mexico. *Bonner Zoologische Beiträge* 52:311-335.
- Fischer, J.G. 1883. Beschreibungen neuer reptilien, Akademisches Gymnasium Hamburg 1883:1-16.
- Frost, D.R. 2024. Amphibian Species of the World: an online reference, version 6.2. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA. [Consultado en enero 2024]



- Fugler, C.M. & J.R. Dixon. 1961. Notes on the herpetofauna of the El Dorado area of Sinaloa, Mexico. Michigan State University, Publications of the Museum 2:1-24.
- Gamez-Duarte, E.A., J.D. Jacobo-González, H.A. Castro-Bastidas & R.A. Lara-Reséndiz. 2023. New record of *Crotalus pricei* (Squamata: Viperidae) from Sinaloa, Mexico. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:7-9.
- GBIF. 2024. GBIF Occurrence Download: *Thamnophis eques*. <https://doi.org/10.15468/dl.y634ct> [Consultado en marzo 2024].
- Goldman, E.A. 1951. Biological investigations in Mexico. Smithsonian Miscellaneous Collections 115:1-476.
- Gray, J.E. 1831. Synopsis reptilium. Treuttel, Wurz and Co., London, U.K.
- Gray, J.E. 1855. Catalogue of the shield reptiles in the collection of the British Museum, Part I. Testudinata, Edward Newman, London, UK.
- Grünwald, C.I., J. Reyes-Velasco, H. Franz-Chávez, K.I. Morales-Flores, I.T. Ahumada-Carrillo, J.M. Jones & S. Boissinot. 2018. Six new species of *Eleutherodactylus* (Anura: Eleutherodactylidae: subgenus *Syrrhophus*) from Mexico, with a discussion of their systematic relationships and the validity of related species. *Mesoamerican Herpetology* 5:7-83.
- Günther, A.C. 1882. Notice of a second species of *Triprion*. *Annals and Magazine of Natural History* serie 5 10:279.
- Günther, A.C. 1885-1902. *Biologia Centrali-Americana. Reptilia and Batrachia*, R. H. Porter and Dulau and Co., London, UK.
- Hardy, L.M. & R.W. McDiarmid. 1969. The amphibians and reptiles of Sinaloa, Mexico. University of Kansas publications, Museum of Natural History 18:39-252.
- Hernández-Salinas, U., R. Cruz-Elizalde, A. Ramírez-Bautista, L.D. Wilson, C. Berriozabal-Islas, J.D. Johnson & V. Mata-Silva. 2023. Taxonomic and functional diversity of the amphibian and reptile communities of the state of Durango, Mexico. *Community Ecology* 24:229-242.
- Hillis, D.M., J.S. Frost & D.A. Wright. 1983. Phylogeny and biogeography of the *Rana pipiens* complex: a biochemical evaluation. *Systematic Zoology* 32:132-143.
- Isaak-Delgado, A.B., A.A. Zavala-Norzagaray, B.A. Espinoza-Romo, J.G. Ortega-Anaya, C.P. Ley-Quíñonez, A. Aguirre & E. Rendón Franco. 2023. Hematologic parameters and the effect of hemoparasites of wild anurans in northern Sinaloa, Mexico. *Veterinary Clinical Pathology* 2:386-395.
- Jacobo-González, J.D. & H.A. Castro-Bastidas. 2022. A case of necrophagy in the sinaloan lyresnake (*Trimorphodon paucimaculatus*). *Sonoran Herpetologist* 35:147-148.
- Jacobo-González, J.D., D.S. Chan-Chon, A. Razo-Pérez, J.A. Leal-Orduño, E. Centenero-Alcalá & R.A. Lara-Reséndiz. 2023. Herpetofauna of the “El mineral de nuestra señora de la Candelaria” reserve: a biological treasure in sinaloa, mexico. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6: e801.
- Jameson, T.J.M., J.W. Streicher, L. Manuelli, J.J. Head & E.N. Smith. 2022. Miniaturization in direct-developing frogs from Mexico with the description of six new species. *Herpetological Monographs* 36:1-48.
- Jan, G. 1863. *Elenco Sistematico degli Ofidi*. Milano, Italia.
- Kaplan, M., P. Heimes & R. Aguilar. 2020. A new species of *Sarcohyala* (Anura: Hylidae: Hylini) from the Sierra Madre del Sur of Guerrero and Estado de México, México. *Zootaxa* 4743: 382-390.
- Klauber, L.M. 1952. Taxonomic studies on rattlesnakes of Mainland Mexico. *Bulletins of the Zoological Society of San Diego* 26:1-143.
- Lara-Reséndiz, R.A. & J.D. Jacobo González. 2022. New records of the snake *Enulius oligostichus* in Sinaloa and comments on its distribution. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 4:101-104
- Lavín, M.P.A., F.O.M. Hinojosa & V.D. Lazcano. 2004. Anfibios y reptiles del estado de Sinaloa. Pp. 311-320. En J.L. Cifuentes-Lemos & J. Gaxiola-López (Eds.), *Atlas de Biodiversidad de Sinaloa*. El Colegio de Sinaloa, Sinaloa, México
- Lemos-Espinal, J.A. & G.R. Smith. 2020. A checklist of the amphibians and reptiles of Sinaloa, Mexico with a conservation status summary and comparisons with neighboring states. *ZooKeys* 931:85-114.
- Lewis, T.H. & M.L. Johnson. 1956. Notes on a herpetological collection from Sinaloa, Mexico. *Herpetologica* 12:277-80.



- Loc-Barragán, J.A., H. Franz-Cávez, A.J. Grunwald & C.I. Grünwald. 2020. Geographic distribution. *Eleutherodactylus pallidus*. Herpetological Review 51:532.
- Loc-Barragán, J.A. Reyes-Velasco, J. Woolrich-Piña, G.A., Grünwald, C.I., Venegas de Anaya, M., Rangel-Mendoza, J.A. & López-Luna, M.A. 2020. A new species of mud turtle of genus *Kinosternon* (Testudines: Kinosternidae) from the pacific coastal plain of northwestern Mexico. Zootaxa, 4885: 509-529.
- López-García, M. & J.J. Morrone. 2023. Sixty years of Halffter's Mexican Transition Zone: a systematic review using bibliometric tools. Revista Mexicana de Biodiversidad 94: e945114.
- Martin del Campo, R. 1941. Relación de algunos peces, anfibios y reptiles de Mazatlán, Sinaloa. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México 12:759-761.
- McDiarmid R.W., J.F. Copp & D.E. Breedlove. 1976. Notes on the herpetofauna of Western Mexico: new records from Sinaloa and the Tres Mariás Islands. Contributions in Science Natural History Museum of Los Angeles County 275:1-17.
- McLain, R.B. 1899. Contributions to neotropical herpetology. Privately printed in Wheeling, West Virginia, USA.
- Morales-Lugo, D.L., M.F. Loaiza-Cebreros, H.A. Castro-Bastidas & M. Bucio-Pacheco. 2022. Malformations in the mexican leaf frog, *Agalychnis dacnicolor* Cope 1864 (Anura: Phyllomedusidae), from Sinaloa, Mexico. Reptiles & Amhibians 29:408-409.
- Muñoz-Mora, V.H., M. Suárez-Atilano, F. Maltagliati, F. Ramírez-Corona, A. Carbajal-Saucedo, R. Percino-Daniel, J. Langeneck, M. D'Addario & A. Sunny. 2022. A tale about vipers' tails: phylogeography of black-tailed rattlesnakes. Herpetozoa 35: 141-153.
- Nachman, M., E.J. Beckman, R.C. Bowie, C. Cicero, C.J. Conroy, R. Dudley, et al. 2023. Specimen collection is essential for modern science. PLoS Biology 21:e3002318.
- Payan-Cazares, E., E.A. Gamez-Duarte, J.D. Jacobo-González & H.A. Castro-Bastidas. 2023. *Phrynosoma orbiculare* (Squamata: Phrynosomatidae). Revista Latinoamericana de Herpetología 6:162-163.
- Pérez-Ramos, E. & V. H. Luján-Molina. 2022. Dos especies nuevas de ranas leopardo del género *Rana* (Anura: Ranidae) en la vertiente del Pacífico, al noroeste de México. Revista de Zoología 34:19-41.
- Peters, W. 1867. Mitteilung uber neue amphibien und fische des Kgl. Zoologische museums. Monatsberichte der Königlichen Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1866:86-96.
- Pisani, G.R. & J. Villa. 1974. A Guide to Preservation Techniques for Amphibians and Reptiles. University of Kansas, Herpetological circular No.1, Lawrence, Kansas, USA.
- Ramírez-Bautista, A., L.A. Torres-Hernández, R. Cruz-Elizalde, C. Berriozabal-Islas, U. Hernández-Salinas, L.D. Wilson, J.D. Johnson, L.W. Porras, C.J. Balderas-Valdivia, A.J.X. González-Hernández & V. Mata-Silva. 2023. An updated list of the Mexican herpetofauna: with a summary of historical and contemporary studies. ZooKeys 1166: 287-306.
- Reyes-Castillo, P. 1980. Problemas de las colecciones científicas de los países en desarrollo. Folia Entomológica Mexicana 46:19-27.
- Rohwer, V.G., Y. Rohwer & C.B. Dillman. 2022. Declining growth of natural history collections fails future generations. PLoS Biology 20:e3001613.
- Sarukhán, J. & G. García-Méndez. 2003. Hacia un mejor conocimiento de la biodiversidad de Sinaloa. Pp. 13-24. En J.L. Cifuentes-Lemus & J. Gaxiola-López (Eds.), Atlas de los Ecosistemas de Sinaloa. El Colegio de Sinaloa, Culiacán, Sinaloa, México.
- Scott, N.J. 1962. The reptiles of southern Sinaloa: an ecological and taxonomic study. Master of science thesis. Humboldt State College. Arcata, California, USA.
- Saucedo, B., J.M. Serrano, M. Jacinto-Maldonado, R.S.E.W. Leuven, A.A. Rocha-García, A. Méndez-Bernal, A. Gröne, S.J. Van Beurden & C.M. Escobedo-Bonilla. 2019. Pathogen risk analysis for wild amphibian populations following the first report of a ranavirus outbreak in farmed American Bullfrogs (*Lithobates catesbeianus*) from northern Mexico. Viruses 11:26.
- Serrano, J.M. 2006. Análisis espacial de la distribución de los anfibios en Sinaloa, México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. D.F., México.
- Serrano, J.M., C.A. Berlanga-Robles & A. Ruiz-Luna. 2014. High amphibian diversity related to unexpected environmental values in a biogeographic transitional area in north-western Mexico. Contributions to Zoology 83:151-166.

- Simmons, J.E. 1987. Herpetological collecting and collections management. Society for the study of amphibians and reptiles, Herpetological circular No. 16, University of Texas, Texas, USA
- Smith, H.M. & R.G. Van Gelder. 1955. New and noteworthy amphibians and reptiles from Sinaloa and Puebla, Mexico. *Herpetologica* 11:145-49.
- Stejneger, L.H. 1893. Annotated list of reptiles and batrachians collected by the Death Valley expedition in 1891, with descriptions of new species. *North American Fauna* 7:159-328.
- Taylor, E.H. 1936. Notes on the herpetological fauna of the Mexican state of Sinaloa. *University of Kansas Science Bulletin* 24:505-537.
- 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]
- Uriarte-Garzón, P., A.E. Valdenegro-Brito, H. Bárcenas-Rodríguez & U.O. García-Vázquez. 2020. Nuevos registros de distribución de *Micruroides euryxanthus australis* y *Micruroides euryxanthus neglectus* (Serpentes: Elapidae), y su distribución potencial en sinaloa, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 3:149-154.
- Van Denburgh, J. 1898. Reptiles from Sonora, Sinaloa and Jalisco, Mexico, with a description of a new species of Sceloporus.
- Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia 49:460-464.
- Wagler, J.G. 1830. *Natürliches System der Amphibien, mit Vorangehender Classification der Säugethiere und Vögel*, J. G. Cotta'sche, Munchen, Stuttgart, und Tubingen.
- Webb, R.G. 1984. Herpetogeography in the Mazatlan-Durango region of the Sierra Madre Occidental, Mexico. Pp. 217-241. En R.A. Seigel, L.E. Hunt, J.L. Knight, L. Malaret & N.L. Zuschlag (Eds.). *Vertebrate Ecology and Systematics*. University of Kansas, Special publication, Lawrence, Kansas, USA.
- Weigmann, A.F.A. 1834. *Herpetologia Mexicana seu Descriptio Amphiorum Novae Hispaniae*. Pars. Prima. Saurorum species, Sumptibus C. G. Luderitz. Berolinum, Germania.
- Zaldivar-Riverón, A., V. León-Regañon & A. Nieto-Montes de Oca. 2004. Phylogeny of the Mexican coastal leopard frogs of the *Rana berlandieri* group based on mtDNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 30:38-49.
- Zarza, E., E.M. Connors, J.M. Maley, W.L.E. Tsai, P. Heimes, M. Kaplan & J.E. McCormack. 2018. Combining ultraconserved elements and mtDNA data to uncover lineage diversity in a Mexican highland frog (*Sarcohyala*: Hylidae). *PeerJ* 6:e6045.



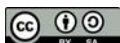
APPENDIX I

Specimens collected by naturalists who explored Sinaloa, Mexico, between the 18th century and the early 20th century. Historical review described in Hardy and McDiarmid (1969).

APÉNDICE 1

Especímenes recolectados por naturalistas que exploraron Sinaloa, México, entre el siglo XIX y principios del siglo XX. Revisión histórica descrita en Hardy y McDiarmid (1969).

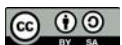
| Naturalista | Sinonimia | Nombre científico | Colección o Voucher | Localidad | Fuente | |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------|-----------|-------------|--|
| Anfibios | | | | | | |
| Ferdinand Bishoff | <i>Agalychnis dacnicolor</i> | <i>Agalychnis dacnicolor</i> | USMN | Mazatlán | Cope (1868) | |
| | Reptiles | | | | | |
| | <i>Holbrookia bischoffi</i> | <i>Holbrookia elegans</i> | USMN | Mazatlán | Cope (1868) | |
| | <i>Leptodira pacifica</i> | <i>Leptodeira punctata</i> | USMN | | Cope (1868) | |
| | <i>Leptodira personata</i> | <i>Leptodeira maculata</i> | USMN | Mazatlán | Cope (1868) | |



| Naturalista | Sinonimia | Nombre científico | Colección o Voucher | Localidad | Fuente |
|-----------------|------------------------------------|---|-------------------------|-----------|---------------------------------------|
| Anfibios | | | | | |
| Alfonso Forrer | <i>Bufo valliceps</i> | <i>probablemente Incilius marmoreus</i> | NHMUK 1883.4.5.4 | Mazatlán | Günther (1885-1902) |
| | <i>Bufo simus*</i> | <i>Incilius occidentalis?*</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1885-1902) |
| | <i>Bufo marinus</i> | <i>Rhinella horribilis</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1885-1902) |
| | <i>Hyla baudini</i> | <i>Smilisca baudinii</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1885-1902) |
| | <i>Pternohyla fodiens</i> | <i>Smilisca fodiens</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1885-1902) |
| | <i>Hyla venulosa</i> | <i>Trachycephalus vermiculatus</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1885-1902) |
| | <i>Tripion spatulatus</i> | <i>Tripion spatulatus</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1885-1902) |
| | <i>Phyllomedusa dacnicolor</i> | <i>Agalychnis dacnicolor</i> | NHMUK | Mazatlán | Boulenger (1882); Günther (1885-1902) |
| | <i>Engystoma ustum</i> | <i>Hypopachus ustus</i> | NHMUK 1883.4.5.1-2 | Mazatlán | Boulenger (1882); Günther (1885-1902) |
| | <i>Hypopachus oxyrrhinus</i> | <i>Hypopachus variolosus</i> | NHMUK 1947.2.11.45 | Mazatlán | Boulenger (1882); Günther (1885-1902) |
| | <i>Rana forreri</i> | <i>Lithobates forreri</i> | NHMUK | Mazatlán | Boulenger (1882); Günther (1885-1902) |
| | <i>Scaphiopus couchii</i> | <i>Scaphiopus couchii</i> | NHMUK 1883.4.5.12-17 | Mazatlán | Günther (1885-1902) |
| | Reptiles | | | | |
| | <i>Crocodylus americanus</i> | <i>Crocodylus acutus</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1885-1902) |
| | <i>Anolis nebulosus</i> | <i>Anolis nebulosus</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1885-1902) |
| | <i>Gehyra mutilata</i> | <i>Gehyra mutilata</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1885-1902) |
| | <i>Heloderma horridum</i> | <i>Heloderma horridum</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1885-1902) |
| | <i>Iguana rhinolophus</i> | <i>Iguana iguana</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1885-1902) |
| | <i>Holbrookia propinqua</i> | <i>Holbrookia elegans</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1885-1902) |
| | <i>Sceloporus boulengeri</i> | <i>Sceloporus clarckii</i> | USNM 14079 | Mazatlán | Stejneger (1893) |
| | <i>Sceloporus spinosus</i> | <i>Sceloporus spinosus</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1885-1902) |
| | <i>Uta bicarinata</i> | <i>Urosaurus bicarinatus</i> | NHMUK | Mazatlán | Boulenger (1883); Günther (1885-1902) |
| | <i>Uta lateralis</i> | <i>Urosaurus ornatus</i> | NHMUK | Mazatlán | Boulenger (1883); Günther (1885-1902) |
| | <i>Phyllodactylus tuberculosus</i> | <i>Phyllodactylus tuberculosus</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1885-1902) |
| | <i>Eumeces bocourtii</i> | <i>Plestiodon callicephalus</i> | NHMUK | Mazatlán | Boulenger (1883); Günther (1885-1902) |
| | <i>Cnemidophorus sexlineatus</i> | <i>Aspidoscelis costatus</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1885-1902) |
| | <i>Spilotes corais</i> | <i>Drymarchon melanurus</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1885-1902) |
| | <i>Drymobius margaritiferus</i> | <i>Drymobius margaritiferus</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1885-1902) |
| | <i>Ficimia quadrangularis</i> | <i>Gyalopion quadrangulare</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1885-1902) |
| | <i>Leptophis diplotropis</i> | <i>Leptophis diplotropis</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1885-1902) |
| | <i>Zamenis semilineatus</i> | <i>Masticophis flagellum</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1885-1902) |
| | <i>Zamenis flavigularis</i> | <i>Masticophis metoivarius</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1885-1902) |

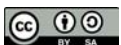


| Naturalista | Sinonimia | Nombre científico | Colección o Voucher | Localidad | Fuente |
|---|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|------------|------------------------------------|
| | <i>Dryiophis acuminata</i> | <i>Oxybelis microphthalmus</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1985-1902) |
| | <i>Pseudoficimia frontalis</i> | <i>Pseudoficimia frontalis</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1985-1902) |
| | <i>Homalocranium bimaculatum</i> | <i>Tantilla calamarina</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1985-1902) |
| | <i>Trimorphodon biscutatus</i> | <i>Trimorphodon aucimaculatus</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1985-1902) |
| | <i>Hypsiglena torquata</i> | <i>Hypsiglena torquata</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1985-1902) |
| | <i>Leptodira personata</i> | <i>Leptodeira maculata</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1985-1902) |
| | <i>Glauconia humilis</i> | <i>Rena dugesii</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1985-1902) |
| | <i>Tropidonotus validus</i> | <i>Thamnophis validus</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1985-1902) |
| | <i>Ancistrodon bilineatus</i> | <i>Agkistrodon bilineatus</i> | NHMUK 1883.4.5.59-60 | Mazatlán | Günther (1985-1902) |
| | <i>Crotalus basiliscus</i> | <i>Crotalus basiliscus</i> | NHMUK 1895.4.6.9 | Mazatlán | Günther (1985-1902) |
| | <i>Emys ornata</i> | <i>Trachemys ornata</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1985-1902) |
| | <i>Emys pulcherrima</i> | <i>Rhinoclemmys pulcherrima</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1985-1902) |
| | <i>Cinosternum hirtipes</i> | <i>Kinosternon hirtipes?</i> | NHMUK | Mazatlán | Günther (1985-1902) |
| Anfibios | | | | | |
| | <i>Bufo</i> sp. | <i>Incilius</i> sp. | CAS HERP 3395 | Mazatlán | McLain (1899) |
| Reptiles | | | | | |
| | <i>Ctenosaura teres</i> | <i>Ctenosaura pectinata</i> | CAS HERP | Mazatlán | Van Denburgh (1898); McLain (1899) |
| | <i>Iguana iguana</i> | <i>Iguana iguana</i> | CAS SUR 2868 | Mazatlán | Van Denburgh (1898) |
| | <i>Callisaurus ventralis</i> | <i>Callisaurus draconoides</i> | CAS HERP 3390 | Mazatlán | Van Denburgh (1898) |
| | <i>Holbrookia maculata</i> | <i>Holbrookia elegans</i> | | Mazatlán | Van Denburgh (1898) |
| Gustav Eisen, Frank H. Vaslit y David Starr Jordan | <i>Sceloporus boulengeri</i> | <i>Sceloporus clarckii</i> | CAS SUR 2895 | Mazatlán | Van Denburgh (1898) |
| | <i>Aspidoscelis mariarum</i> | <i>Aspidoscelis</i> sp | CAS HERP 3398 | Mazatlán | Van Denburgh (1898) |
| | <i>Aspidoscelis costata</i> | <i>Aspidoscelis costatus</i> | CAS SUR 2880 | Mazatlán | Van Denburgh (1898) |
| | <i>Phyllodactylus tuberculatus</i> | <i>Phyllodactylus tuberculatus</i> | CAS HERP 3389 | Mazatlán | Van Denburgh (1898) |
| | <i>Hapsidophrys diplotropis</i> | <i>Leptophis diplotropis</i> | CAS HERP 3392 | Mazatlán | Van Denburgh (1898) |
| | <i>Bascanion semilineatum</i> | <i>Masticophis bilineatus</i> | CAS HERP 3391 | Mazatlán | Van Denburgh (1898) |
| | <i>Trimorphodon biscutatus</i> | <i>Trimorphodon paucimaculatus</i> | CAS SUR 4088 | Mazatlán | Van Denburgh (1898) |
| | <i>Hypsiglena torquata</i> | <i>Hypsiglena torquata</i> | CAS HERP 3394 | Mazatlán | Van Denburgh (1898) |
| | <i>Sibon punctatum</i> | <i>Leptodeira punctata</i> | | Mazatlán | Van Denburgh (1898) |
| | Anfibios | | | | |
| E. W. Nelson y Edward A. Goldman | <i>Incilius mazatlanensis</i> | <i>Incilius mazatlanensis</i> | USNM 47448 | El Rosario | Goldman (1951) |
| | <i>Incilius occidentalis</i> | <i>Incilius occidentalis</i> | USNM 47449 | Escuinapa | Goldman (1951) |



| Naturalista | Sinonimia | Nombre científico | Colección o Voucher | Localidad | Fuente |
|---|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| | <i>Craugastor occidentalis</i> | <i>Craugastor occidentalis</i> | USNM 47433 | Escuinapa | Goldman (1951) |
| | <i>Hyla arenicolor</i> | <i>Dryophytes arenicolor</i> | USNM 47435 | Escuinapa | Goldman (1951) |
| | <i>Smilisca baudinii</i> | <i>Smilisca baudinii</i> | USNM 47440 | Escuinapa | Goldman (1951) |
| | <i>Smilisca fodiens</i> | <i>Smilisca fodiens</i> | USNM 46959 | El Rosario | Goldman (1951) |
| | <i>Phyllomedusa dacnicolor</i> | <i>Agalychnis dacnicolor</i> | USNM 46950 | El Rosario | Goldman (1951) |
| | <i>Lithobates forreri</i> | <i>Lithobates forreri</i> | USNM 47445 | Mazatlán | Goldman (1951) |
| Reptiles | | | | | |
| | <i>Anolis nebulosus</i> | <i>Anolis nebulosus</i> | USNM 47668 | El Rosario | Goldman (1951) |
| | <i>Ctenosaura pectinata</i> | <i>Ctenosaura pectinata</i> | USNM 46589 | Mazatlán | Goldman (1951) |
| | <i>Holbrookia elegans</i> | <i>Holbrookia elegans</i> | USNM 47685 | El Rosario | Goldman (1951) |
| E. W. Nelson y Edward A. Goldman | <i>Sceloporus albiventris</i> | <i>Sceloporus albiventris</i> | MCZ Herp R-46925 | El Rosario | Goldman (1951) |
| | <i>Sceloporus boulengeri</i> | <i>Sceloporus clarckii</i> | USNM 47269 | Mazatlán | Goldman (1951) |
| | <i>Sceloporus nelsoni</i> | <i>Sceloporus nelsoni</i> | USNM | Culiacán; Mazatlán | Goldman (1951) |
| | <i>Sceloporus utiformis</i> | <i>Sceloporus utiformis</i> | USNM 47687 | El Rosario | Goldman (1951) |
| | <i>Urosaurus ornatus</i> | <i>Urosaurus ornatus</i> | USNM 46628 | Culiacán | Goldman (1951) |
| | <i>Plestiodon parvulus</i> | <i>Plestiodon parvulus</i> | USNM 47667 | Escuinapa | Goldman (1951) |
| | <i>Aspidoscelis costata</i> | <i>Aspidoscelis costatus</i> | USNM 47957 | Escuinapa | Goldman (1951) |
| | <i>Drymarchon carais</i> | <i>Drymarchon melanurus</i> | USNM 46430 | El Rosario | Goldman (1951) |
| | <i>Rhinocheilus lecontei</i> | <i>Rhinocheilus lecontei</i> | USNM 46370 | Culiacán | Goldman (1951) |
| | <i>Leptodeira splendida</i> | <i>Leptodeira splendida</i> | USNM 46459 | Escuinapa | Goldman (1951) |
| | <i>Rhadinaea hesperia</i> | <i>Rhadinaea hesperia</i> | USNM 46456 | Escuinapa | Goldman (1951) |
| | <i>Thamnophis cyrtopsis</i> | <i>Thamnophis cyrtopsis</i> | USNM 46457 | El Rosario | Goldman (1951) |
| | <i>Crotalus stejnegeri</i> | <i>Crotalus stejnegeri</i> | USNM 47698 | Escuinapa | Goldman (1951) |
| Anfibios | | | | | |
| J. A. Kusche y Paul D. R. Ruthling | <i>Hyla arenicolor</i> | <i>Dryophytes arenicolor</i> | USNM 84411 | Mazatlán | Hardy y McDiarmid (1969) |
| | <i>Tripriion spatulatus</i> | <i>Tripriion spatulatus</i> | USNM 73266 | Mazatlán | Hardy y McDiarmid (1969) |
| | <i>Gastrophryne usta</i> | <i>Hypopachus ustus</i> | USNM 73267 | Mazatlán | Hardy y McDiarmid (1969) |
| Reptiles | | | | | |
| | <i>Anolis nebulosus</i> | <i>Anolis nebulosus</i> | USNM 73268 | Mazatlán | Hardy y McDiarmid (1969) |
| | <i>Ctenosaura pectinata</i> | <i>Ctenosaura pectinata</i> | FMNH 75694 | | Hardy y McDiarmid (1969) |

*El individuo recolectado e identificado como *Bufo simus* (*lincilii occidentalis*) por Alfonso Forrer en Mazatlán probablemente se trate de un error de identificación o asignación de coordenadas. Por otro lado, Hardy y McDiarmid (1969) cuestionaron la identificación y posible presencia de *Kinosternon hirtipes* en la costa sur de Sinaloa, argumentaron que esta zona no es un hábitat característico de la especie.



APPENDIX II

APÉNDICE II

Acronyms of scientific collections of Museums and Universities. Acrónimos de colecciones científicas de Museos y Universidades.

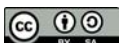
| Acrónimo | Nombre de la colección |
|----------|--|
| CAS | Collection of Herpetology, Herpetology Department, California Academy of Sciences |
| CMNAR | Zoological collection of vertebrates, Canadian Museum of Nature |
| FMNH | Division of Amphibians and Reptiles, Field Museum of Natural History |
| KU | University of Kansas, Herpetology Collection |
| MZFC | Museo de Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México |
| MCZ | Collection of Herpetology, Museum of Comparative Zoology, Harvard University Cambridge |
| NHMUK | Natural History Museum, London |
| USMN | Collection of Herpetology, Department of Vertebrate Zoology, National Museum of Natural History, Smithsonian Institution |

APPENDIX III

APÉNDICE III

An English translation of the main text of this paper is available at <https://doi.org/10.5281/zenodo.11400662>.

Una versión traducida al inglés del texto principal de este trabajo se puede consultar en <https://doi.org/10.5281/zenodo.11400662>.



PARASITISMO POR *SPAULIGODON* AFF. *LAMOTHEI* (NEMATODA: OXYUROIDEA) EN *HOMONOTA HORRIDA* (SQUAMATA: PHYLLODACTYLIDAE) EN NEUQUÉN, ARGENTINA

PARASITISM BY *SPAULIGODON* AFF. *LAMOTHEI* (NEMATODA: OXYUROIDEA) IN *HOMONOTA HORRIDA* (SQUAMATA: PHYLLODACTYLIDAE) FROM NEUQUEN, ARGENTINA

Gabriel Natalio Castillo^{1,2,3*}, Cynthia Jesica González- Rivas^{1,4} & Juan Carlos Acosta^{1,3}

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

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

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

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

*Correspondence: liolaemusparvus@gmail.com

Received: 2023-10-30. Accepted: 2024-05-27. Published: 2024-06-13.

Editor: Marissa Fabrezi, Argentina.

Abstract.— *Spauligodon* aff. *lamothei* is described based on specimens collected from the long intestine of *Homonota horrida* in the province of Neuquén, Argentina. The species is assigned to *Spauligodon* because of the presence lateral alae in males, absent in females. In males, the caudal alae is present and starts at the level of precloacal papillae and is embedded in the adcloacal papillae. In females, the caudal alae is absent, and the vulvar opening is located in the anterior part of the body just behind the excretory pore in postbulbar position. *Spauligodon* aff. *lamothei* differs from the rest of the species assigned to *Spauligodon* by the position of the vulva, number of tail filament spines in males and females, geographic distribution and host type. This species is the third of the genus recorded in Argentina parasitizing lizards.

keywords.—Argentina, lizards, nematodes, Neuquén.

Resumen.— Se describe a *Spauligodon* aff. *lamothei* basado en ejemplares colectados del intestino largo de *Homonota horrida* en la provincia de Neuquén, Argentina. La especie se asigna a *Spauligodon* por la presencia de ala lateral en machos, ausente en hembras. Presencia de ala caudal en machos comenzando al nivel de papilas precloacales e incrustadas en las papilas adcloacales. En hembras carecen de alas caudales y la abertura vulvar se encuentra en la parte anterior del cuerpo justo detrás del poro excretor en posición postbulbar. *Spauligodon* aff. *lamothei* difiere del resto de las especies asignadas a *Spauligodon* por la posición de la vulva, número de espinas del filamento de cola en machos y hembras, distribución geográfica y tipo de hospedadores. Esta especie es la tercera del género registrada en Argentina parasitando lagartijas.

Palabras clave .— Argentina, lagartos, nemátodos, Neuquén.

Homonota horrida Burmeister, 1861 se encuentra distribuida en América del Sur en Argentina, Bolivia, Brasil y Paraguay (Acosta et al., 2017). En Argentina presenta amplia distribución (Abdala et al., 2012). Es una especie con hábitos crepusculares y nocturnos, vive bajo piedras, techos y grietas de viviendas; además, es insectívora y ovípara (Acosta et al., 2017).

Pharyngodonidae Travassos, 1919 (Nematoda: Oxyuroidea) contiene 24 géneros (Gibbons, 2010). De éstos, 3 géneros: *Pharyngodon* Diesing, 1861, *Spauligodon* Skrjabin, Schikhobalova y Lagodovskaja, 1960 y *Skrjabinodon* Inglis, 1968, exhiben una abertura vulvar en la parte anterior del cuerpo justo detrás del poro excretor (Anderson, 2009). Estos géneros están separados

entre sí por la relación de alas caudales con las papilas genitales (Bursey & Goldberg, 1995). Actualmente hay 52 especies asignadas a *Spauligodon* en todo el mundo (Monks et al., 2008; Bursey et al., 2014), de las cuales 8 especies se encuentran en el Neotrópico: *Spauligodon oxkutzcabiensis* Chitwood, 1938 en el lagarto *Thecadactylus rapicaudus* Houttuyn, 1782, colectado en México; *S. viracochai* Freitas, Vicente y Ibañez, 1968 en el lagarto *Phyllodactylus gerrhopygus* Wiegmann, 1835, colectado en Perú; *S. cubensis* Read y Amrein, 1953 en *Tarentola americana* Gray, 1831 colectado en Cuba; *S. maytacapaci* Vicente y Ibañez, 1968 en el lagarto *Leiocephalus* sp. Gray, 1827, colectado en Perú; *S. antillarum* Barus y Otero, 1973 en los lagartos *Hemidactylus brooki* Gray, 1845 y *Sphaerodactylus cinereus* Wagler, 1830 colectados en Cuba; *S. lobo* Ramallo, Bursey y Goldberg, 2002 en la lagartija *Liolaemus capillitas* Hulse, 1979 colectada en Argentina; *S. garciaprieto* Jiménez- Ruiz, León- Regagnon y Campbell, 2003 colectada en *Aspidoscelis mexicanus* (Peters, 1869) (= *Cnemidophorus mexicanus*) y *Aspidoscelis deppii* (Wiegmann, 1834) (= *Cnemidophorus deppii*),

colectados en México; *S. lamothei* Monks, Escorcia- Ignacio y Pulido- Flores, 2008 en las lagartijas *Sceloporus minor* Cope, 1885 y *Sceloporus grammicus* Wiegmann, 1828, colectados en México (Freitas et al., 1968; Vicente & Ibañez, 1968; Ramallo et al., 2002; Bursey et al., 2005).

Este trabajo constituye el primer registro de nemátodos parásitos en lagartijas *H. horrida* para la provincia de Neuquén y el segundo registro del parasitismo en esta especie de lagartija para Argentina.

Tres ejemplares machos de *H. horrida* (Longitud Hocico Cloaca, LHC 40 mm) fueron colectados en noviembre de 2019 en la localidad de Rincón de los Sauces, provincia de Neuquén, Argentina (37°23'25" S 68°55'31" O). Posteriormente fueron eutanasiados mediante inyección intraperitoneal de solución Euthanyle® (pentobarbital sódico), fijados en solución Bouin durante 24 hs, etiquetados y conservados en etanol



Figure 1. Specimen of *Homonota horrida*. / Figura 1. Ejemplar de *Homonota horrida*.

70°. Se buscaron helmintos en estómago, intestino, cloaca, hígado, pulmones y gónadas utilizando una lupa binocular estereoscópica. Los nemátodos hallados fueron aclarados con lactofenol y examinados bajo microscopio óptico Arca Xsz 100. Posteriormente los nemátodos fueron almacenados en etanol 70°. Los dibujos se realizaron utilizando una cámara lúcida. La intensidad se calculó con base en las definiciones de Bush et al. 1997. Las medidas están en micrómetros, con la media ± 1 DE y el rango entre paréntesis a menos que se indique lo contrario. Los nemátodos fueron depositados en la colección parasitológica del Departamento de Biología de la Universidad Nacional de San Juan, Argentina (UNSPar 284). Se colectaron 10 nemátodos adultos (4 hembras grávidas, 1 no grávida y 5 machos) en el intestino largo de un solo ejemplar de *H. horrida* (Fig. 1).

Descripción

Spauligodon aff. *lamothei* (Figs. 2 & 3)

General: Pequeños nemátodos, color blanco en vida, cuerpo cilíndrico que se estrecha tanto en la parte anterior como posterior. Cutícula transversalmente estriada. Alas laterales

presentes solo en machos. Abertura bucal triangular. Esófago dividido en cuerpo y bulbo esofágico. Poro excretor detrás del bulbo esofágico en machos y hembras. Abertura vulvar en la parte anterior del cuerpo justo detrás del poro excretor en posición postbulbar. Machos con alas caudales que no envuelven el par poscloacal posterior de papilas pedunculadas. Hembras sin alas caudales. Machos y hembras con cola filamentosa con espinas; machos con 1 y hembras con 8 espinas. Huevos ovalados. Todas las medidas son en mm (ver Tabla 1).

Machos (descripción basada en 5 ejemplares adultos): Longitud total 1212 ± 11.31 (1204–1220), ancho máximo 231 ± 5.6 (227–235). Ala lateral 452 ± 2.83 (450–454) de ancho. Longitud del esófago (incluido el bulbo) 342.5 ± 3.5 (340–345), longitud del bulbo 91.5 ± 2.12 (90–93), ancho del bulbo 91.5 ± 0.71 (91–92). Distancia desde el extremo anterior al anillo nervioso 91.5 ± 2.12 (90–93). Distancia desde el extremo anterior al poro excretor 342.5 ± 3.54 (340–345). Longitud de la cola 364.5 ± 2.12 (363–366). No se observan espículas. Cola con 1 espina (Tabla 2).

Hembras (descripción basada en 4 ejemplares grávidos): Longitud total 3146 ± 48.08 (3112–3180); ancho máximo 406.50 ± 48.79

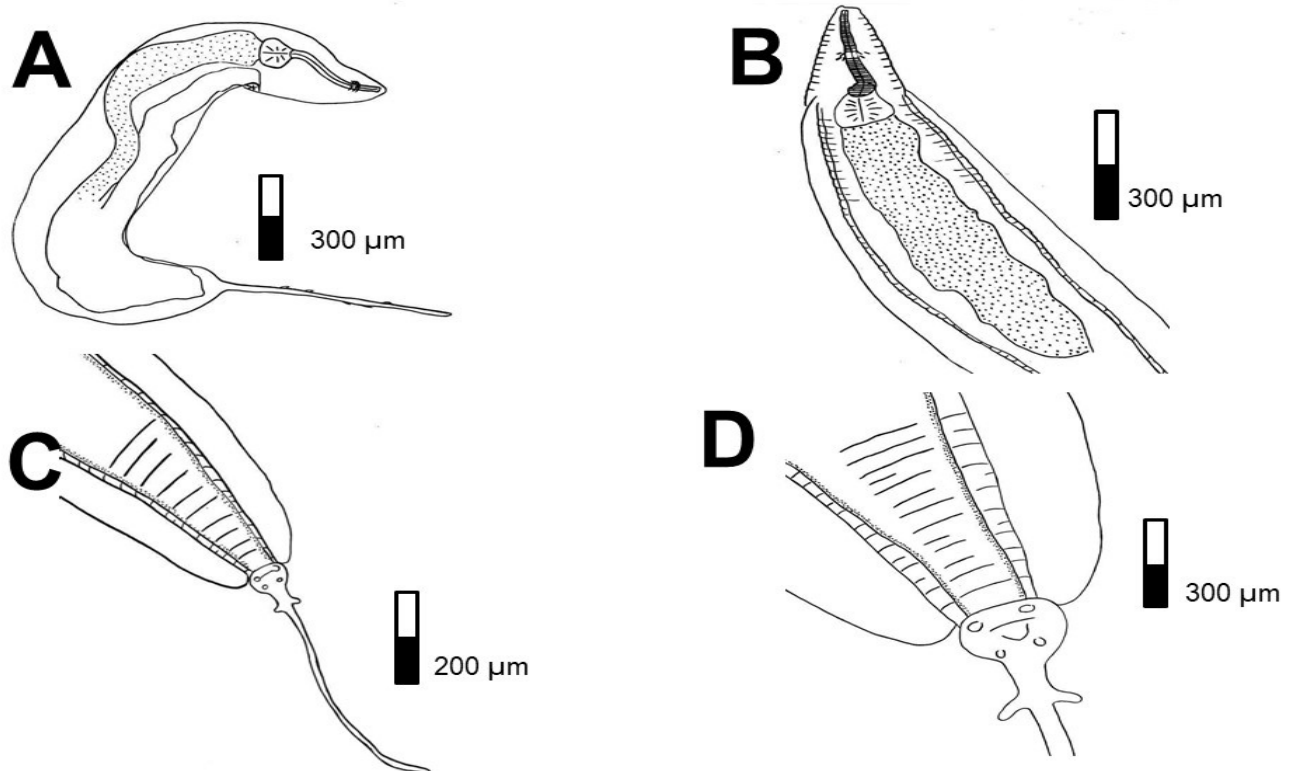


Figure 2. *Spauligodon* aff. *lamothei* male. (A) Complete specimen in lateral view, (B) Anterior and middle region in lateral view, (C-D) Posterior region in lateral view.

Figura 2. *Spauligodon* aff. *lamothei* macho. (A) Ejemplar completo en vista lateral, (B) Región anterior y media en vista lateral, (C-D) Región posterior en vista lateral.

Table 1. Current list and selected characters of nine *Spauligodon* species from the Neotropics.**Tabla 1.** Lista actual y caracteres seleccionados de nueve especies de *Spauligodon* del Neotrópico.o.

| Neotrópico | Machos | | | | | Hembras | | Referencias |
|------------|---|----------|------------|------------|--------|------------|-----------------|---|
| | <i>Spauligodon</i> spp. | Espícula | Nº espinas | Nº papilas | Vulva | Nº espinas | Forma huevo | |
| | <i>Spauligodon lobo</i> Ramallo, Bursley & Goldberg, 2002 | Ausente | 3 a 7 | 3 pares | Posbul | Ausente | Fusiforme | Ramallo, Bursley & Goldberg, 2002 |
| | <i>Spauligodon maytacapaci</i> Vicente & Ibañez, 1968 | Ausente | Ausente | 6 pares | Posbul | Ausente | Fusiforme | Vicente & Ibañez, 1968 |
| | <i>Spauligodon viracochai</i> Freitas, Vicente & Ibáñez, 1968 | Ausente | Ausente | 3 pares | Prebul | 2 | Fusiforme | Freitas, Vicente & Ibáñez, 1968 |
| | <i>Spauligodon oxkutzcabiensis</i> Chitwood, 1938 | Ausente | Ausente | 4 pares | Posbul | 13 a 15 | Elipsoidal | Chitwood, 1938 |
| | <i>Spauligodon cubensis</i> Read & Amrein, 1953 | Ausente | Ausente | 3 pares | Bulbar | Ausente | Fusiforme | Read & Amrein, 1953 |
| | <i>Spauligodon antillarum</i> Barus & Otero, 1973 | Ausente | 3 | 3 pares | Prebul | 8 a 15 | Elipsoidal | Barus & Otero, 1973 |
| | <i>Spauligodon garciaprietoi</i> Jiménez- Ruiz, León- Regagnon & Campbell, 2003 | Presente | Ausente | 3 pares | Posbul | Ausente | Forma de barril | Jiménez- Ruiz, León- Regagnon & Campbell, 2003 |
| | <i>Spauligodon lamothei</i> Monks, Escorcía- Ignacio & Pulido- Flores, 2008 | Presente | 1 a 5 | 3 pares | Posbul | 8 a 16 | Fusiforme | Monks, Escorcía- Ignacio & Pulido- Flores, 2008 |
| | <i>Spauligodon</i> aff. <i>lamothei</i> | Ausente | 1 | 3 pares | Posbul | 8 | Fusiforme | Presente trabajo |

(372–441). Longitud del esófago (incluido el bulbo) 442 ± 1.41 (441–443), longitud del bulbo 108.5 ± 2.12 (107–110); ancho del bulbo 118.5 ± 2.12 (117–120). Distancia desde el extremo anterior al anillo nervioso 88.5 ± 2.12 (87–90). Distancia desde el extremo anterior al poro excretor 492.5 ± 3.54 (490–495). Distancia desde el extremo anterior a la vulva 540.5 ± 2.12 (539–542). Longitud del huevo 130.5 ± 0.71 (130–131), ancho del huevo 30.5 ± 0.71 (300–301). Longitud de la cola 847 ± 7.07 (842–852). Cola con 8 espinas (ver Tabla 3).

Hembras (basado 1 ejemplar no grávido): Longitud 2044; ancho máximo 295. Longitud del esófago (incluida el bulbo) 431. Longitud del bulbo 117.6; ancho del bulbo 127.4. Distancia desde el extremo anterior al anillo nervioso 117.6. Distancia desde el extremo anterior al poro excretor 490. Vulva 539. Longitud de la cola 568. Espinas muy sutiles, poco visibles (ver Tabla 3).

Resumen taxonómico

Hospedador tipo: *Homonota horrida* Burmeister, 1861, Phylloctylidae

Localidad tipo: Rincón de los Sauces (3723'25" S 6855'31" O), Provincia de Neuquén, Argentina

Sitio de infección: Intestino largo

Espécimen parásito: *Spauligodon* aff. *lamothei*, UNSJpar 284

Prevalencia: 33 %

Intensidad: 10 nemátodos adultos (4 hembras grávidas, 1 no grávida y 5 machos)

Intensidad media: 10

Abundancia media: 3,33

Observaciones

Spauligodon aff. *lamothei* se caracteriza y diferencia del resto de las especies del género principalmente en que los machos presentan una sola espina y las hembras ocho espinas. La especie *S. aff. lamothei* es similar a *S. lamothei* debido a que coincide en

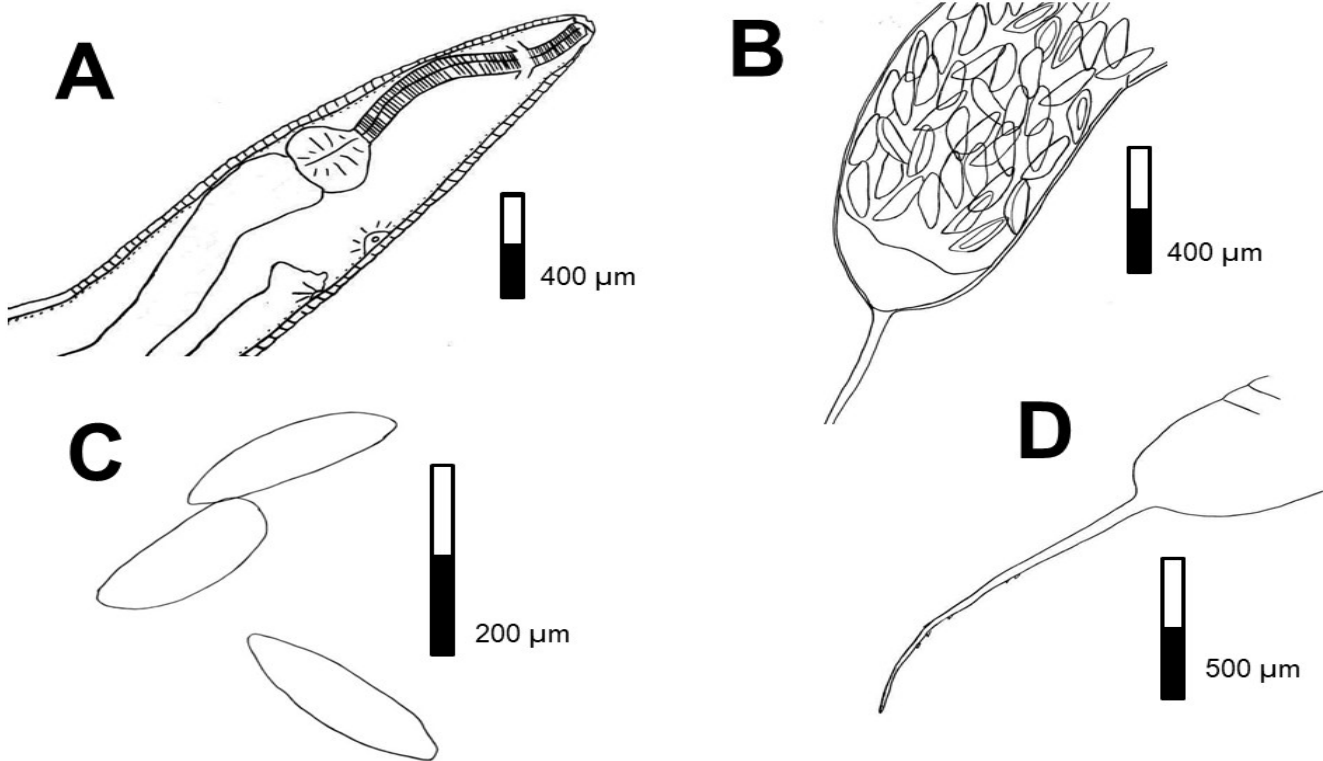


Figure 3. *Spauligodon* aff. *lamothei* female. (A) Anterior and mid-lateral view, (B) gravid female posterior view, (C) eggs, (D) posterior view.

Figura 3. *Spauligodon* aff. *lamothei* hembra. (A) Vista anterior y media lateral, (B) hembra grávida vista posterior, (C) huevos, (D) vista posterior.

Table 2. Comparative measurements (μm) in males of nine Neotropical species of *Spauligodon*.

Tabla 2. Medidas comparativas (μm) en machos de nueve especies del Neotrópico de *Spauligodon*.

| | <i>Spauligodon lobo</i> | <i>Spauligodon maytacapaci</i> | <i>Spauligodon viracochai</i> | <i>Spauligodon oxkutzcabiensis</i> | <i>Spauligodon cubensis</i> | <i>Spauligodon antillarum</i> | <i>Spauligodon garciaprieto</i> | <i>Spauligodon lamothei</i> | <i>Spauligodon aff. lamothei</i> |
|------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Largo | 1020-3360 | 3490-3910 | 1540-1860 | 1910-2140 | 1760-2018 | 1330 | 1622-2127 | 1750-2200 | 1204 |
| Ancho | 250-760 | 340-440 | 180-250 | 160-200 | 175-227 | 240 | 128-179 | 84-150 | 227 |
| Long. esófago | 280-430 | 440-480 | - | 275-350 | 310-305 | 220 | 266-316 | 225-352 | 340 |
| Long. bulbo | 60-110 | 100-130 | - | - | 77-88 | - | 62-67 | 65-78 | 91 |
| Ancho bulbo | 70-120 | - | - | - | - | - | 63-96 | 56-84 | 91 |
| Anillo nervioso | 100-170 | 170-190 | 100-110 | | 35 | 75 | 86-130 | 85-110 | 91 |
| Poro excretor | 440-1030 | 480 | 310-330 | 275-350 | 473-609 | 287 | 396-550 | 370-530 | 340 |
| Long. espícula | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente | 53-82 | 55-96 | Ausente |
| Long. cola | 340-600 | - | 320-340 | - | 122-140 | 300 | 95-165 | 380-565 | 363 |
| Núm. papilas | 3 par | 6 par | 3 par | 4 par | 3 par | 3 par | 3 par | 3 par | 3 par |
| Núm. espinas | 3-7 | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente | 3 | Ausente | 1-5 | 1 |

Table 3. Comparative measurements (μm) in females of nine *Spauligodon* species from the Neotropics**Tabla 3.** Medidas comparativas (μm) en hembras de nueve especies de *Spauligodon* del Neotrópico.

| | <i>Spauligodon lobo</i> | <i>Spauligodon maytacapaci</i> | <i>Spauligodon viracochai</i> | <i>Spauligodon oxkutzcabensis</i> | <i>Spauligodon cubensis</i> | <i>Spauligodon antillarum</i> | <i>Spauligodon garciaprieto</i> | <i>Spauligodon lamothei</i> | <i>Spauligodon aff. lamothei</i> |
|------------------------|--|--------------------------------|-----------------------------------|---|--|---|---|--|----------------------------------|
| Largo | 3800-10070 | 9590-10820 | 2870-3330 | 3040-5160 | 3690-4540 | 2720 - 5700 | 869-4791 | 3515 -7600 | 3146 |
| Ancho | 560-1290 | 500-610 | 210-260 | 230-380 | 470-487 | 260 - 490 | 208-319 | 225-420 | 406 |
| Long. esófago | 630-800 | 840-960 | - | 416-420 | 350-364 | 340-400 | 387-498 | 475-700 | 441 |
| Long. bulbo | 120-160 | 160-180 | - | - | 105-129 | 77-98 | 77-95 | 114-142 | 108.5 |
| Ancho bulbo | 150-190 | - | - | - | - | - | 87-105 | 125-150 | 118.5 |
| Anillo nervioso | 150-190 | 250-300 | 110-130 | - | 80-90 | 84-105 | 98-175 | 90-204 | 87.5 |
| Poros excretor | 170-1130 | 830-1160 | 330-390 | 422-500 | 262-360 | 24-46 | 449-555 | 490-800 | 490 |
| Vulva | 800-1210 | 1080-1180 | 390-490 | 540-580 | 292-430 | 27-50 | 472-601 | 90-204 | 539 |
| Ubic. vulva | Posbulbar | Posbulbar | Prebulbar | Posbulbar | Bulbar | Prebulbar | Posbulbar | Posbulbar | Posbulbar |
| Long. de cola | 130-200 | - | 410-430 | - | 595-665 | 980-1120 | 860-1084 | 700-1020 | 847 |
| Forma cola | Puntiaguda sin terminación | Puntiaguda con 2 terminaciones | Filiforme | Filiforme | Filiforme | Filiforme | Puntiaguda | Filiforme | Filiforme |
| Núm. espinas | Ausente | Ausente | 2 | 13-15 | Ausente | 8-15 | Ausente | 8-16 | 8 |
| Long. huevo | 100-130 | 60-70 | 130-133 | 120-130 | 158-162 | 132-140 | 98-163 | 38-108 | 130 |
| Ancho huevo | 40-50 | 22-29 | 37-40 | 33-37 | 42-45 | 30-36 | 31-52 | 12-42 | 30 |
| Forma del huevo | Fusiforme ligeramente filamentado en un polo | Fusiforme 2 papilas | Fusiforme | Elipsoidal con pequeñas perillas terminales | Fusiforme ligeramente aplanado en un lado, protuberancia en ambos lados. | Elipsoidal. Huevos aplanado en un polo, el otro lleva siempre una pequeña protuberancia distinta. | Barril, aplanado en ambos polos | Fusiforme ligeramente filamentado en un polo | Fusiforme |
| País | Argentina | Perú | Perú | México | Cuba | Cuba | México | México | Argentina |
| Hosp. | <i>Liolaemus capillitas</i> , <i>L. huacahuasicus</i> , <i>L. quilmes</i> , <i>L. ornatus</i> , <i>L. ramirezae</i> | <i>Leiocephalus</i> sp. | <i>Phyllodactylus gerrhopygus</i> | <i>Sceloporus</i> sp. y <i>Thecadactylus rapicaudus</i> (Centro América Sudamérica, solo hasta norte de Brasil) | <i>Tarentola americana</i> | <i>Hemidactylus brooki</i> | <i>Cnemidophorus mexicanus</i> , <i>Cnemidophorus deppi</i> | <i>Sceloporus germanicus</i> y <i>Sceloporus minor</i> | <i>Homonota horrida</i> |

rasgos presentados como número de papilas, posición de la vulva y forma del huevo. Por lo tanto, debido a que no todos los rasgos observados en *S. aff. lamothei* coinciden con el taxón indicado *S. lamothei*, nuestra especie mencionada es afín al taxón *S. lamothei*, dado que nuestras observaciones son insuficientes para definirlo como una nueva especie.

Actualmente ocho especies de nemátodos del género *Spauligodon* se encuentran presentes en la región Neotropical; *Spauligodon oxkutzcabiensis*, *S. viracochai*, *S. cubensis*, *S. maytacapaci*, *S. antillarum*, *S. lobo*, *S. garciaprietoi* y *S. lamothei* (Ramallo et al., 2002; Bursey et al., 2005; Monks et al., 2008). En Argentina han sido mencionadas dos especies de *Spauligodon* parasitando a lagartijas; *S. maytacapaci* registradas en *Liolaemus chiliensis* Lesson, 1830, *L. elongatus* Koslowsky, 1896, *L. pictus* Duméril y Bibron 1837, *L. tenuis* Duméril y Bibron 1837 y *L. andinus* Koslowsky, 1895 (Goldberg et al., 2004; Castillo et al., 2020) y *S. lobo* registradas en *L. capillitas*, *L. ornatus* Koslowsky, 1898, *L. quilmes* Etheridge, 1993, *L. ramirezae* Lobo y Espinoza, 1999, *L. huacahuasicus* Laurent, 1985 (Ramallo et al., 2002; Castillo et al., 2020). En el presente trabajo se menciona a *S. aff. lamothei* encontrada en el lagarto *H. horrida* en la localidad de Rincón de los Sauces, provincia de Neuquén, Argentina.

Diferentes autores señalan que las principales características que separan a las diferentes especies de *Spauligodon* son: papilas caudales, número y presencia de espinas en hembras y machos, morfología de la cola, tamaño, presencia o ausencia de espícula, forma del huevo y ubicación de la vulva (bulbar, prebulbar, posbulbar) (Ramallo et al., 2002; Jiménez-Ruiz et al., 2003; Bursey et al., 2005; Bursey et al., 2014), siendo además la distribución geográfica y hospedadores determinantes para diferenciar especies.

Spauligodon aff. lamothei es similar a *S. antillarum*, *S. lobo* y *S. lamothei* por la presencia de espinas en cola de los machos, aunque difieren en número. *S. aff. lamothei* tiene 1 espina, presentando *S. antillarum*, *S. lobo* y *S. lamothei*; 3, 3-7 y 1-5 espinas respectivamente. Con respecto a hembras, *S. aff. lamothei* se diferencia de las especies anteriormente mencionadas por la posición de la vulva, morfología de la cola y el número de espinas. *Spauligodon aff. lamothei* tiene cola filiforme con 8 espinas y vulva en posición posbulbar, diferenciándose de *S. lobo* que carece de espinas, *S. antillarum* que tiene la vulva en posición prebulbar y *S. lamothei* que presenta más de 8 espinas en la cola (ver Tablas 1 y 2).

De las especies similares a *S. aff. lamothei* *S. antillarum* fue descrito en la lagartija *H. brooki* (Gekkonidae) en Cuba, *S. lamothei*

en lagartijas del género *Sceloporus* spp. (Phrynosomatidae) en México y *S. lobo* en especies *Liolaemus* (Liolaemidae) en Argentina. En Argentina, los estudios referidos a nemátodos parásitos de reptiles son extremadamente escasos como lo demuestra la revisión realizada por Castillo et al. (2020).

El presente trabajo menciona a ejemplares de *S. aff. lamothei* encontrados en una especie de reptil que es diferente a otros reptiles registrados que albergan a la especie de nemátodos más similar a *S. aff. lamothei*. El hecho de que este sea un hospedador diferente, además de la distribución geográfica y número de espinas presentes podría representar un candidato a una especie diferente. Sin embargo, es necesario realizar más estudios morfológicos, como así también moleculares.

LITERATURA CITADA

- Abdala, C.S., J.L. Acosta, J.C. Acosta, B.A. Blanca, F. Arias, L.J. Ávila, M.G. Blanco, M. Bonino, J.M. Boretto, G. Brancatelli, M.F. Breitman, M.R. Cabrera, S. Cairo, V. Corbalán, A. Hernando, N.R. Ibargüengoitia, F. Kacoliris, A. Laspiur, R. Montero, M. Morando, N. Pelegrin, C.H.F. Perez, A.S. Quinteros, R.V. Semhan, M.E. Tedesco, L. Vega & S.M. Zalba. 2012. Categorización del estado de conservación de las lagartijas y anfisbenas de la República Argentina. Cuadernos de Herpetología 26:215-248.
- Acosta, J.C., G.M. Blanco, R. Gómez-Alés, R. Acosta, L. Piaggio-Kokot, A.E. Victorica, H.J. Villavicencio & G.A. Fava. 2017. Los reptiles de San Juan. Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.
- Anderson, R.C., Chabaud, A.G. & Willmott, S. 2009. Keys to the nematode parasites of vertebrates. Wallingford, CAB International.
- Barus, V. & A. Coy Otero. 1974. Nematodes of the genera *Spauligodon*, *Skrjabinodon*, and *Pharyngodon* (Oxyuridae) parasitizing Cuban lizards. Československa Spolecnost Zoologika, Vestnik 38:1-12.
- Bursey, C.R. & S.R. Goldberg. 1995. *Spauligodon caymanensis* sp. n. (Nematoda: Pharyngodonidae) from *Anolis conspersus* (Sauria: Polychridae) from Grand Cayman Island, British West Indies. Journal of the Helminthological Society of Washington 62:183-187.
- Bursey, C.R., S.R. Goldberg & L.L. Grismer. 2014. A new species of *Spauligodon* (Nematoda: Oxyuroidea: Pharyngodonidae) in *Cyrtodactylus bintangrendah* (Sauria: Gekkonidae) from Peninsular Malaysia. The Journal of Parasitology 100:317-322.



- Burseley, C.R., S.R. Goldberg & F. Kraus. 2005. New species of *Spauligodon* (Nematoda: Pharyngodonidae) in *Lepidodactylus novaeguineae* (Sauria: Gekkonidae) from Papua New Guinea. *Journal of Parasitology* 91:324-328.
- Bush, A.O., K.D. Lafferty, J.M. Lots & A.W. Shostak. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasitology* 83:575-583.
- Castillo, G.N., J.C. Acosta, C.J. González Rivas & G. Ramallo. 2020. Checklist of nematode parasites of reptiles from Argentina. *Annals of Parasitology* 66:425-432.
- Chitwood, B.G. 1938. Some nematodes from the caves of Yucatan. *Publications of the Carnegie Institution of Washington* 491:51-66.
- Freitas, J.F.T., J.J. Vicente & H.N. Ibañez. 1968. Fauna helmintologica do Peru: Novo nematodeo do genero *Parathelandros* Baylis 1930 (Nematoda, Oxyuroidea). *Atas da Sociedade de biologia do Rio de Janeiro* 12:33-35.
- Gibbons, L.M. 2010. Keys to the nematode parasites of vertebrates: supplementary volume (Vol. 10). Cabi. Wallingford, UK.
- Goldberg, S.R., C.R. Bursey & M. Morando. 2004. Metazoan endoparasites of 12 species of lizards from Argentina. *Comparative Parasitology* 71:208-214.
- Jiménez-Ruiz, F.A., V. León-Règagnon & J.A. Campbell. 2003. A new species of *Spauligodon* (Nematoda: Pharyngodonidae) parasite of *Cnemidophorus* spp. (Lacertilia: Teiidae) from southern Mexico. *Journal of Parasitology* 89:351-355.
- Monks, S., R. Escorcia-Ignacio & G. Pulido-Flores. 2008. A new species of *Spauligodon* (Nematoda: Pharyngodonidae) in *Sceloporus* (Squamata: Phrynosomatidae) from the reserve of the biosphere Barranca de Metztitlán, Hidalgo, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79:129-133.
- Ramallo, G., C.R. Bursey & S.R. Goldberg. 2002. *Spauligodon lobo* n. sp. (Nematoda: Pharyngodonidae) parasite of *Liolaemus* spp. (Iguania: Liolaemidae) from northwestern Argentina. *Journal of Parasitology* 88:370-374.
- Read, C.P. & Y.U. Amrein. 1953. North American nematodes of the genus *Pharyngodon* Diesing (Oxyuridae). *The Journal of Parasitology* 39:365-370.
- Vicente, J.J. & N.H. Ibañez. 1968. Nova especie do genero *Parathelandros* Baylis, 1930 (Nematoda, Oxyuroidea). *Atas da Sociedade de Biologia de Rio de Janeiro* 11:185-187.



DISTRESS CALL OF *TRACHYCEPHALUS "VERMICULATUS"* (HYLIDAE) DURING PREDATION ATTEMPT BY *LEPTOPHIS AHAETULLA* (DIPSADIDAE) IN A MIDDLE MAGDALENA VALLEY HUMID FOREST

LLAMADA DE AUXILIO DE *TRACHYCEPHALUS "VERMICULATUS"* (HYLIDAE) DURANTE UN INTENTO DE DEPREDACIÓN POR *LEPTOPHIS AHAETULLA* (DIPSADIDAE) EN BOSQUES HÚMEDOS DEL MAGDALENA MEDIO

Angela M. Mendoza-Heano^{1*}

¹Colección de Sonidos Ambientales Mauricio Álvarez-Rebolledo, Centro de Colecciones y Gestión de Especies, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Claustro de San Agustín – Carrera 8 # 15-08, Villa de Leyva, Boyacá, Colombia.

*Correspondence: am.mendozah@gmail.com

Received: 2024-03-23. Accepted: 2024-05-15. Published: 2024-06-13.

Editor: Antonieta Labra Lillo, Chile.

Resumen.— Aquí reporto un evento de depredación de la rana arborícola lechosa *Trachycephalus "vermiculatus"* por *Leptophis ahaetulla* y proporciono información cuantitativa de la llamada de auxilio emitida por la rana arborícola. Además, comparo este evento con la información de las presas reportadas para algunas especies del género *Leptophis*.

Palabras clave.— Anura, bioacústica, comportamiento defensivo, depredación, Serpientes.

Abstract.— Here I report the predation of the milky treefrog *Trachycephalus "vermiculatus"* by *Leptophis ahaetulla* and I provide quantitative data on the distress call emitted by the milky treefrog. I also compare some *Leptophis* species' prey information based on previous records.

Key words.— Anura, bioacoustic, defensive behavior, predation, Serpentes.

Frogs constitute a significant component of the diet of multiple snake species (Wells, 2007; Zipkin et al., 2020), and knowledge of species interactions along with their defensive responses can help to understand the structure and dynamics of communities (Toledo et al., 2015). Defensive strategies of anurans are considered multimodal, that include: skin secretions cloacal discharges, puffing off the body, and the emission of distress calls (Marchisin & Anderson, 1978; de Toledo et al., 2009, Toledo et al., 2011; Toledo et al., 2015).

Species of *Trachycephalus* genus are known to emit a white volatile, noxious alkaline skin secretion when is handled, being irritating to mucous membranes (Savage, 2002; Yeager et al., 2019; Brown 2020) but even so, reports of predation by snakes in species of this genus are common (Leary & Razafindratsita, 1998; Solé et al., 2010; Hernández-Sánchez & Guevara-Alvarado, 2022). Here I reported a predation attempt of a milky treefrog (*Trachycephalus "vermiculatus"*) by *Leptophis ahaetulla* in a Middle

Magdalena Valley humid forest, and I also described in detail the distress call of *T. "vermiculatus"* during the predation attempt.

The event was observed on fieldwork during the dry season (August 9th 2023) in the Reserva Natural El Silencio, located in Yondó municipality, Antioquia department, Colombia (6.764172° N, 74.212502° W, WGS84, 133 m a.s.l.). The site is located on the edge of a patch of tropical rainforest named "el Paujil", in a vegetation matrix with primary and secondary forests, cattle pastures, and corn crops. The individuals were observed on the ground and surrounded by herbaceous vegetation a few meters from a beast trail between 14:44 and 14:57 (weather conditions: partially clouded preceded by a rainy night, no data of air temperature available). The snake caught the left hind limb of the frog, and swallowing was unsuccessful for a few minutes. During this time, the frog keeps inflated its body, and the lateral vocal sacs showed slight inflation (Fig. 1A). During the emission of the distress call, the body deflated and the vocal sac showed

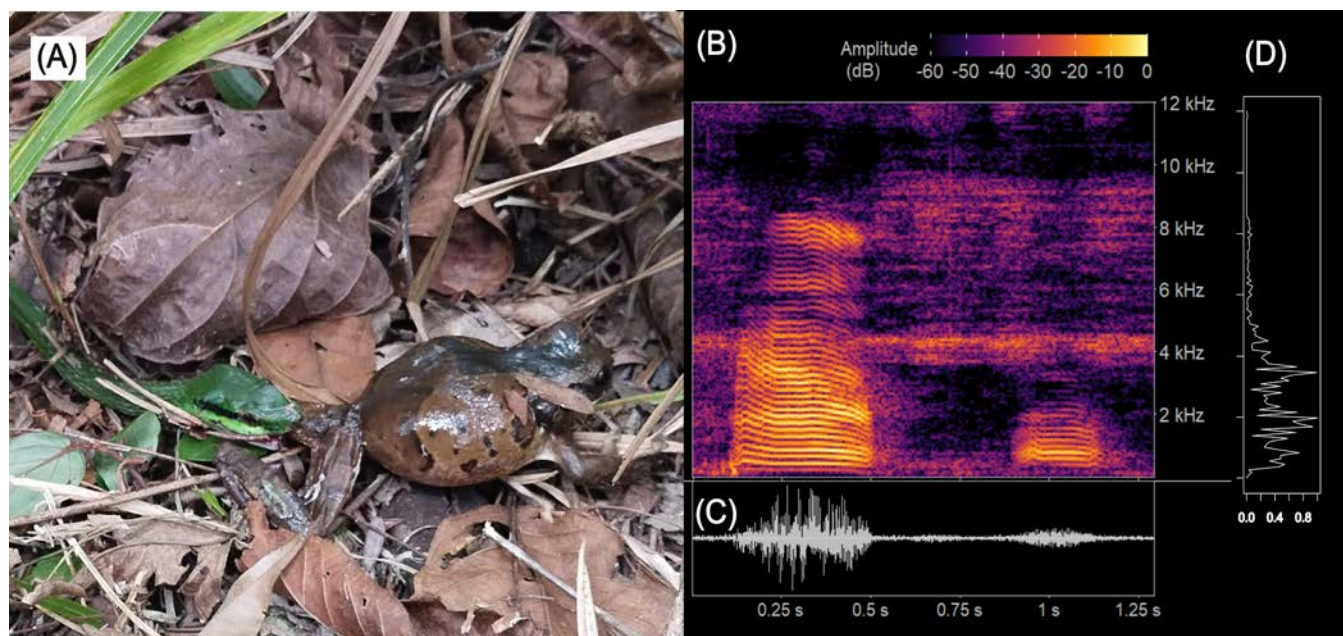


Figura 1. A) Registro visual del evento de depredación de *Trachycephalus “vermiculatus”* por *Leptophis ahaetulla*. B) Espectrograma, C) oscilograma y D) espectro de poder de la llamada de auxilio de *Trachycephalus vermiculatus* siendo depredada. Tamaño de la ventana = 1024, tasa de muestreo = 44.1 kHz

Figure 1. A) Visual record of predation event of *Trachycephalus “vermiculatus”* by *Leptophis ahaetulla*. B) Spectrogram, C) oscilogram and D) power spectrum of the distress call of *Trachycephalus vermiculatus* being predated. Window length = 1024, sampling rate = 44.1 kHz. .

no changes. The calls were recorded from less than a meter away from the individuals, with the Voice Record Pro application on a smartphone Vivo Y51 as a WAV file, a sampling rate of 48 kHz, and a 16 bits resolution. Videos of the event were also obtained using the same device and audio file was extracted from obtaining additional calls. Quantitative parameters of the call were obtained using Raven pro 1.6.0 (K. Lisa Yang Center for Conservation Bioacoustics, 2024). Recording file was prepared and deposited in the Colección de Sonidos Ambientales “Mauricio Alvarez-Rebolledo” at the Humboldt Institute (IAvH-CSA-37511).

Distress call was measured from 48 calls from the successive recordings. The signal was categorized as “dense harmonics” following Köhler et al. (2017), with slight repeated ascending and descending modulations in frequency (Fig. 1B-C). The call was mostly comprised of a single note, but in some cases the individual emitted up to three consecutive notes. Each note had a duration of 343.6 ± 88.5 ms SD (range: 196.3 to 452.4 ms). The Fundamental frequency was located at 218.0 Hz (undetected in some recordings), and the first harmonic at 436.7 Hz. Dominant frequency varied between measured calls and was located in two frequency bands at a ratio close to 2:1, the first at 722.6 ± 94.2 Hz

(range: 609.3 to 890.6 Hz, $n = 36$) and the second at 2304.6 ± 164.9 Hz (range: 2109.7 - 2437.5 Hz, $n = 12$). Most energy of the call is located in a frequency bandwidth between 375.0 (Freq 5 %) and 3984.3 Hz (Freq 95 %), including between 7 and 17 harmonics of the signal (Fig. 1D). Additional harmonics were detected along the entire audible spectrum of the recording (Fig. 1B).

The distress call of *T. “vermiculatus”* differs in duration from the release call of the same species for populations in Puntarenas Province, Costa Rica (Barrio-Amoros & Güell, 2023), and from the release call obtained by manipulation in hand at Puerto Wilches Municipality, Santander, Colombia (IAvH-CSA-36317). The duration of the distress call is longer (343.6 ms for distress call versus 60 - 90 ms for release call), and the energy of the distress call is focused at wider frequency bandwidth 375.0 - 3984.3 compared with release call 430 - 516 Hz. The distress call of *T. “vermiculatus”* is similar in duration and fundamental frequency to the call described during hand manipulation at the Palo Verde Field Station, Guanacaste Province in Costa Rica (Leary and Razafindratsita, 1998). Dominant frequency is different from Palo Verde hand manipulation, being Palo Verde’s call higher than reported for this predation event (3270 - 5670 Hz and 4750 - 7080 Hz in Palo Verde’s call versus 743.3 - 2359.4 Hz here).

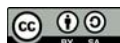
Heterospecific distress calls are similar in structure among frog species, with the majority resembling a loud and high-pitched scream (de Toledo & Haddad, 2009). Distress calls may warn other frogs (the same and different species) in the presence of potential predators, causing them to react more readily to visual and/or tactile stimuli (Hödl & Gollmann, 1985). Distress calls may also alert nearby frogs by interfering with predation attempts (Forti et al., 2017). Leary and Razafindratsita (1998) reported 17 individuals emerging within a 3 m radius from a predation event and orienting towards the distressed individual, presumably in response to distress call vocalizations.

Although both species are common and widespread, predation reports are still scarce. Frog predation events by *L. ahaetulla* are reported from Central America, Guiana Shield and Amazonas (Prado 2003; Solé et al., 2010; Gava & Viana, 2016; Yeager et al., 2019; Chaloupka & Rodríguez, 2021; Oliveira et al., 2021; Hernández-Sánchez & Guevara-Alvarado, 2022) while for *T. “vermiculatus”* and *T. typhonius*, predation reports are done in Central America, Antillean islands, Atlantic forest, and Amazonas (Leary & Razafindratsita, 1998; Yeager et al., 2019; Hernández-Sánchez & Guevara-Alvarado, 2022; Barrio-Amoros & Güell, 2023; Hayes, 2023; Villalaz et al., 2024). This record constitutes the first predation event of *Trachycephalus* by *Leptophis* species reported for Magdalena Valley, filling the gap in information on both genera in the cis-Andean region of South America.

Agradecimientos.- I would like to thank Susana Rodriguez-Buritica, Pedro José Cardona, Julio Marín, Ricardo Soto, Felipe Villegas and Luis Felipe Barrera for the support in the field trip. Khristian Venegas-Valencia helps on species identity verification and Juan David Carvajal-Castro, Jose Serrano and one anonymous reviewer provided very useful comments on the document. The field trip was funded by Reserva Natural el Silencio, Fundación Biodiversa Colombia and Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

LITERATURA CITADA

- Barrio-Amorós, C.L. & B. Güell. 2023. The Central American Milk Frog *Trachycephalus “vermiculatus”* (Anura, Hylidae); observations of explosive breeding activity and a novel release call. *Reptiles & Amphibians* 30:e18452-e18452.
- Brown, T. 2020. A caution on handling *Trachycephalus venulosus* (Anura: Hylidae); toxic effects of skin secretion on human eyes. *Herpetological Bulletin* 152:28-29.
- 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
- de Toledo, L.F., & D.F.B. Haddad. 2009. Defensive Vocalizations of Neotropical Anurans. *South American Journal of Herpetology* 4:25-42.
- Forti, L.R., A.B.B.S. Forti, R. Márquez & L.F. Toledo. 2017. Behavioural response evoked by conspecific distress calls in two neotropical treefrogs. *Ethology* 123:942-948.
- Hayes, F.E. 2023. Predation by an Oliver's Parrot Snake *Leptophis coeruleodorsus* on a Veined Tree Frog *Trachycephalus typhonius* in Trinidad, West Indies. *Living World, Journal of the Trinidad and Tobago Field Naturalists' Club* 2023:176-178.
- Hernandez, J.J. & N. Guevara. 2022. Evento de depredación en *Trachycephalus vermiculatus* (Anura: Hylidae) por *Leptophis ahaetulla* (Squamata: Colubridae) en la provincia de Coclé, República de Panamá. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 5:56-59.
- Hödl, W., & G. Gollmann. 1986. Distress calls in Neotropical frogs. *Amphibia-Reptilia* 7:11-21.
- K. Lisa Yang Center for Conservation Bioacoustics. 2024. Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software (Version 1.6.5) <https://ravensoundsoftware.com/> Ithaca, NY: The Cornell Lab of Ornithology. [Consultado en mayo 2024].
- 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.
- Marchisin, A., & J.D. Anderson. 1978. Strategies employed by frogs and toads (Amphibia, Anura) to avoid predation by snakes (Reptilia, Serpentes). *Journal of Herpetology* 12:151-155.
- Leary, C.J. & V.R. Razafindratsita 1998. Attempted predation on a hylid frog, *Phrynohyas venulosa*, by an indigo snake, *Drymachon corais*, and the response of conspecific frogs to distress calls. *Amphibia-Reptilia* 19:442-44.
- Oliveira, M.A., R.A.P. Barbosa & A.H. de Sousa Lima. 2021. Predação de *Boana raniceps* (Cope, 1862) (Anura: Hylidae) por *Leptophis ahaetulla* (Linnaeus, 1758) (Squamata: Colubridae). *Biota Amazônia* 11:37-39.



- Prado, C.P.A. 2003. Natural History Notes: *Leptodactylus chaquensis* (NCN), *Pseudis paradoxa* (paradox frog) and *Phrynohyas venulosa*. Predation. Herpetological Review 34:231-232.
- Savage, J.M. 2002. The amphibians and reptiles of Costa Rica: a herpetofauna between two continents, between two seas. University of Chicago press. Chicago, Illinois, USA..
- Solé, M., E., I Marciano-Jr, I. Ribeiro Dias & A. Kwet. 2010. Predation attempts on *Trachycephalus cf. mesophaeus* (Hylidae) by *Leptophis ahaetulla* (Colubridae) and *Ceratophrys aurita* (Ceratophryidae). Salamandra 46:101-103
- Toledo, L.F., I. Sazima & Haddad, C.F. 2011. Behavioural defences of anurans: an overview. Ethology Ecology & Evolution 23:1-25.
- Toledo, L.F., I.A. Martins, D.P. Bruschi, M.A. Passos, C. Alexandre & Haddad, C. F. 2015. The anuran calling repertoire in the light of social context. Acta Ethologica 18:87-99.
- Vieira B.L. & V.R. Gomez V.R. 2016 *Leptophis ahaetulla* (Neotropical Parrot Snake). Diet. Herpetological Review 47:147
- Villalaz, V., K. Tejada & F. Camarena. 2024. Primer Registro de depredación del Garrapatero Mayor, *Crotophaga major*, sobre la rana, *Trachycephalus tiphonius*, Santa Ana, Los Santos, Panamá. Scientia 34:9-18.
- Wells, K.D. 2007. The ecology and behavior of amphibians. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Yeager, J. 2019. Successful multimodal amphibian defense, handling and recovery costs to would-be predators. Herpetology Notes. 12:279-280.
- Zipkin, E.F., DiRenzo, G.V., Ray, J.M., Rossman, S. & K.R. Lips. 2020. Tropical snake diversity collapses after widespread amphibian loss. Science 367:814-816.



PREDATION OF THE HUMBLE ANOLE *ANOLIS HUMILIS* BY THE CENTRAL AMERICA WHIPTAIL *HOLCOSUS FESTIVUS*

DEPREDACIÓN DEL ANOLIS COMÚN, *ANOLIS HUMILIS*, POR LA CHISBALA CENTROAMERICANA, *HOLCOSUS FESTIVUS*

José Manuel Mora^{1,2*}, Steven Matute³, Elián Villalobos Alvarado⁴, Gerardo Chaves⁵ & Lucía I. López⁶

¹Universidad Técnica Nacional, Sede Central. Carrera de Gestión Ecoturística, Alajuela, Costa Rica. E-mail: josemora07@gmail.com; ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-1200-1495>

²Portland State University, Department of Biology and Museum of Vertebrate Biology. Portland, Oregon 97207

³Costa Rica Best Chocolate, Chilamate, Sarapiquí, Costa Rica. E-mail: costaricanaracari@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-8812-2561>

⁴Carrera de Gestión Ecoturística, Sede Central, Universidad Técnica Nacional, Alajuela, Costa Rica. E-mail: elianbirder13@gmail.com; ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-5417-9275>

⁵Museo de Zoología, Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. <https://orcid.org/0000-0002-4301-6569>

⁶Unidad de Ciencias Básicas and Carrera de Tecnología de Alimentos, Sede Atenas, Universidad Técnica Nacional, Costa Rica. E-mail: luciaisa2@gmail.com; ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-0120-7981>

*Correspondence: josemora07@gmail.com

Received: 2024-01-30. Accepted: 2024-04-28. Published: 2024-06-27.

Editor: Julián A. Velasco, México.

Resumen.— En Costa Rica hay 88 especies de lagartijas, incluidas especies de forrajeo activo como la chisbala centroamericana, *Holcosus festivus*, y cazadoras al acecho como el anolis común, *Anolis humilis*. Observamos un evento de depredación entre estas dos especies en la Estación Biológica La Selva, en las tierras bajas del norte de Costa Rica. Un individuo juvenil de la chisbala capturó y consumió a un juvenil de anolis en el suelo de este bosque lluvioso. Los patrones de actividad principales del anolis común y de la chisbala potencialmente conducen a encuentros frecuentes entre estas dos especies. A pesar de ello, sorprende que esta interacción depredadora no haya sido reportada anteriormente, y actualmente no está claro cuán a menudo o cuán significativos podrían ser los anolis para la dieta de la chisbala.

Palabras clave.— Bosque Húmedo Tropical, Costa Rica, hojarasca, La Selva, lagartijas, reptiles.

Abstract.— In Costa Rica there are 88 lizard species including active foraging species such as the Central America Whiptail, *Holcosus festivus*, and sit-and-wait specialists such as the Humble Anole, *Anolis humilis*. We observed a predation event between these two species at La Selva Biological Station in the northern lowlands of Costa Rica. A juvenile Whiptail captured and consumed a juvenile anole on the forest floor of this rain forest. The primary activity patterns of the Humble Anole and the Central American Whiptail likely leads to frequent encounters between these two species. Despite that, it is surprising that this predatory interaction has not been reported before, and it is currently unclear how often or how significant anoles could be in the Central American Whiptail's diet.

Key words.— Costa Rica, La Selva, leaf litter, lizards, reptiles, Tropical Wet Forest.

Among reptiles, “lizards” (sensu all non-snake Squamata) represent the most species-rich and ecologically diverse group, comprising 60% of the entire class, totaling 7,396 species worldwide (Uetz, 2023). The tropical forests of the New World

host a high variety of lizard species with different sizes, shapes, and colors (Alvarado et al., 2022). In Costa Rica, specifically, 88 lizard species have been reported (Leenders, 2023). They inhabit highly diverse habitat types and play crucial roles in ecosystems,



serving as prey for various predators, including snakes, other lizards, mammals, birds, and invertebrates (Pianka & Vitt, 2006). Predatory interactions among lizards are influenced by the sizes of the individuals involved, with juvenile individuals typically falling prey to adults of other species (Alvarado et al., 2022). However, if the adult size is small, larger species may prey on adults of smaller species (Alvarado et al., 2022).

The Central American Whiptail, *Holcosus festivus* (Lichtenstein & Martens, 1856), is a teiid lizard found from Tabasco, Mexico, to northern Colombia (Savage, 2002). *Holcosus festivus* inhabits tropical or subtropical wet and moist forests (Campbell, 1998). It is widespread along the Caribbean slope of Central America and the Pacific slope in southwestern Costa Rica, Panama, and western Colombia (Leenders, 2019). It inhabits humid lowlands and also premontane wet forests or rainforests at some sites, ranging from near sea level to 1,435 m a.s.l. (Savage, 2002; Sasa et al., 2010).

Adult male Central American Whiptail's reach up to 129 mm in snout-vent length (Savage, 2002). Adults can reach a total length of about 270-430 mm, with males being larger than females (Campbell, 1998). It is a common, diurnal, terrestrial lizard that may be found in mature and secondary forest (Campbell, 1998; Lee, 1996). It tends to occupy deeper forest and more shaded locations sites than other *Holcosus* species (Lee, 1996). However, it can also be found in banana, cacao, and coconut plantations (Savage, 2002). Nevertheless, it is considered mainly a species of edge ecosystems and is most common in tree-fall areas, along roads and trails, or in other areas where the sun reaches the forest floor (Leenders, 2019). It has been found also in semi-urban settings near human settlements (Campbell, 1998; Acuña-Vargas, 2016).

Individuals of the Central America Whiptail are most frequently seen basking in mid-morning, on sunny days along the edge of clearings or in sunny spots within the forest before begin scanning the forest floor for food (Savage, 2002; Leenders, 2019). The head and flicking tongue are constantly probing and sampling the substrate environment, and it utilizes both the snout and forelimbs in intermittent bouts of digging while searching for food (Savage, 2002).

Central American Whiptail predominantly feeds on invertebrates, primarily orthopterans and araneid spiders, but occasionally consumes small frogs (Lee, 1996; Savage, 2002). Large individuals readily consume small leaf litter frogs (and possibly small lizards) that are flushed out during their search for invertebrate prey (Savage, 2002; Leenders, 2019). While it

has been suggested that the Central American Whiptail may also consume lizards, we did not find specific reports confirming this prey type.

The Humble Anole, *Anolis humilis* Peters, 1863 (Anolidae), is a small lizard found in Nicaragua, Costa Rica, and Panama (Uetz et al., 2023). There is some ongoing discussion regarding its absolute identity, leading to uncertainty about its distribution (Phillips et al., 2015; Leenders, 2019; Uetz et al., 2023). It inhabits humid forests of the Caribbean lowlands and premontane slopes, marginally extending into the lower montane zone, ranging from near sea level to an elevation of 2,000 m a.s.l. (Savage, 2002; Sasa et al., 2010).

Anolis humilis is primarily a terrestrial species that occupies the leaf litter, commonly found in shaded areas of mature rainforest, plantations, and other forested habitats (Savage, 2002). Adult males often climb low perches up to 0.6 m above the ground, while females and juvenile individuals typically remain on the ground (Leenders, 2019). This species is frequently observed on or within the leaf litter on the forest floor, especially near tree buttresses (Savage, 2002).

Anolis humilis reaches a standard length of 46 mm in males and 50 mm in females (Leenders, 2019) and a total length of 114 mm and tail moderately long, 60% to 63% of the total length (Savage, 2002). Generally, this lizard surveys its surroundings from an elevated foraging perch and cover short distances to capture invertebrates within their reach (Leenders, 2019). It preys on a diverse range of arthropods, primarily araneid spiders and isopods, but also hemipterans, caterpillars, beetles, dipterans, termites, and centipedes (Savage, 2002).

Predation plays a pivotal role in the fundamental aspects of wildlife fitness, influencing activities such as feeding, breeding, and often mortality, thereby shaping the lives of wild animals (Humphreys & Ruxton, 2018). Predator-prey interactions serve as crucial drivers of natural selection, community ecological structure, and ecosystem functioning (Valdez, 2020). While observing predatory interactions is essential for comprehending trophic networks (Passos et al., 2017; Dias-Silva et al., 2021), witnessing such interactions in their natural habitat proves to be a challenging endeavor (Dias-Silva et al., 2021). This report details the observation of a Humble Anole being consumed by a Central American Whiptail.

Observations were made at La Selva Biological Station, owned by the OTS (Organization for Tropical Studies), and located in the northern plains of the Heredia Province of Costa Rica at the

confluence of the Sarapiquí and Puerto Viejo rivers. La Selva area encompasses the topographic transition from the steep, low foothills of the Cordillera Central to the extensive Sarapiquí coastal plain, extending north to the San Juan River (Hartshorn, 1983). Elevations vary from 35 m a.s.l. on the recent terrace of the Puerto Viejo River to approximately 150 m a.s.l. (Hartshorn, 1983). La Selva encompasses two life zones: Tropical Wet Forest on the west side and Tropical Premontane Wet Forest, warm transition, on the east side, with a mean annual rainfall of 3,991 mm (Hartshorn, 1983).

We identified the two lizards based on the following descriptions. The Central American Whiptail has an overall dark color pattern marked with dorsolateral series of yellow dashes and irregular orange-red vertical lines on the flanks (Savage, 2002). It features a pale yellow or cream middorsal stripe, although it can be obscured in older males (Leenders, 2019). In juvenile individuals, the middorsal stripe extends well onto its strikingly blue tail nearly to the tip (Savage, 2002). The Common

Anole has enlarged middorsal scales and typically possesses a deep axillary pore (Leenders, 2019). Its dorsum is brown to olive-brown, often with dark markings forming a broad middorsal bronze or dark stripe, paired dark dorsolateral blotches, or a middorsal series of hourglass-shaped figures; usually a broad dark band across the prefrontal region; venter light brown; iris brown with gold flecks (Savage, 2002). The dewlap of adult males is mostly deep red with a bright yellow free margin; females do not have a dewlap, but the throat has a patch of red color (Savage, 2002).

On 11 July 2023 at 09:36 h, we observed a juvenile Central American Whiptail preying on a Humble Anole at the Surá trail in La Selva ($10^{\circ}25'45''$ N, $84^{\circ}00'34''$ W; 63 m a.s.l.; Fig. 1). The anole was moving, possibly after a failed predatory attempt, and was encountered by the whiptail as it was searching near a sunny spot on the forest floor. The Whiptail captured the anole by seizing it on the dorsum and consumed it from the head toward the tail (Fig. 2). The entire event, from capture to ingestion by

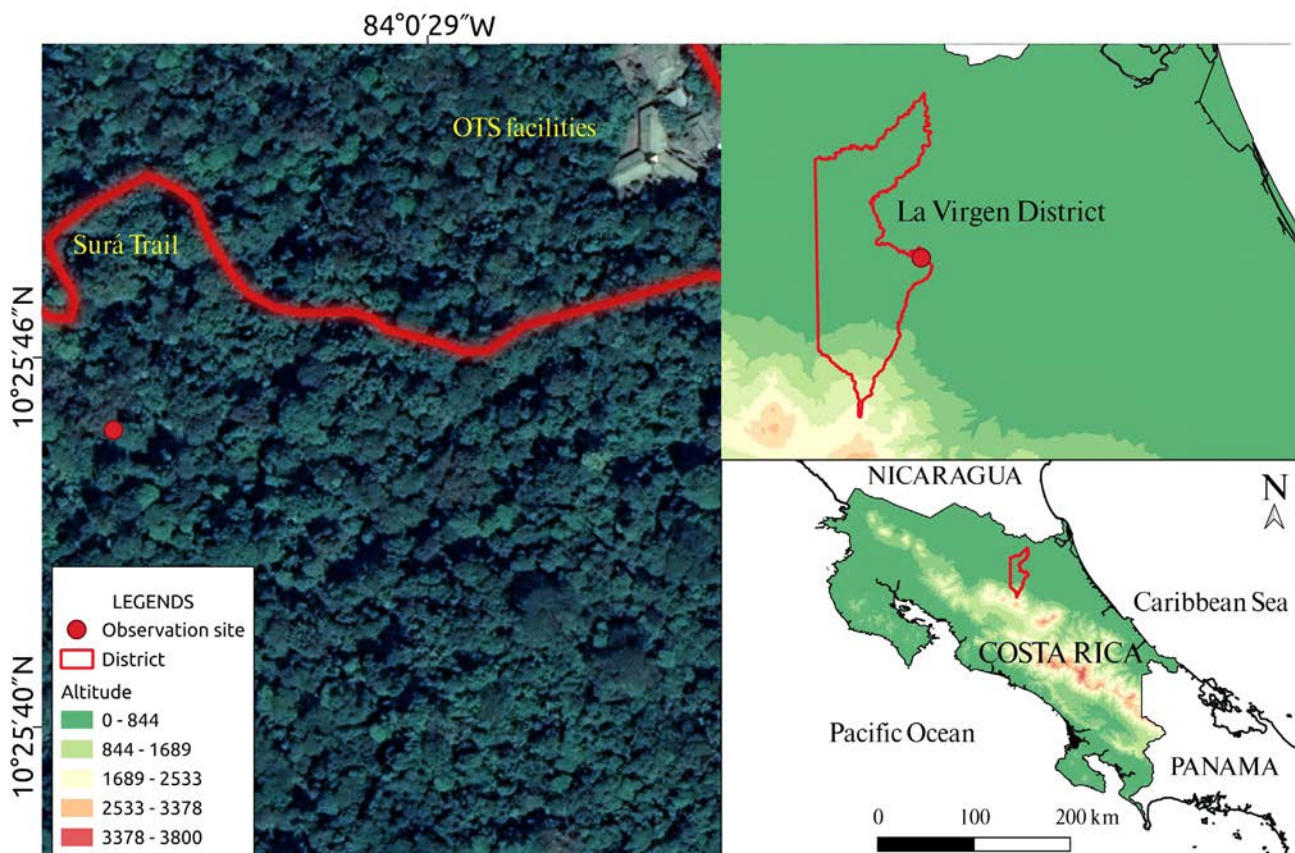


Figura 1. Sitio (punto rojo) donde un *Anolis humilis* fue depredado por una *Holcosus festivus* en La Selva, Sarapiquí, Heredia, Costa Rica. .

Figure 1. Site (red dot) where an *Anolis humilis* was predated by a *Holcosus festivus* at La Selva, Sarapiquí, Heredia, Costa Rica.



Figura 2. Un juvenil de la chisbala centroamericana, *Holcosus festivus*, alimentándose de un anolis común, *Anolis humilis*, en la Estación Biológica La Selva, Sarapiquí, Heredia, Costa Rica.

Figure 2. A juvenile Central America Whiptail, *Holcosus festivus*, feeding on a Humble Anole, *Anolis humilis*, at La Selva Biological Station, Sarapiquí, Heredia, Costa Rica.

the Whiptail, lasted over 15 minutes. Although we observed the entire event from the beginning, the behavior of the two lizards was not influenced by our presence. When we captured some photos, the Whiptail's behavior indicated that the predation event proceeded without interruption at any point in time.

Anolis humilis is a rainforest resident often found in shaded areas near the base of large trees (Savage, 2002). This anole spends considerable time on the ground and is particularly prevalent in areas with deep leaf litter (Savage, 2002). *Holcosus festivus* is another common lizard characterized by its active and nervous behavior, often seen moving rapidly and jerkily across the ground (Savage, 2002). The conclusion drawn from this information is that the primary activity patterns of the Humble Anole and the Central American Whiptail are likely to lead to frequent encounters between these two species. Specifically,

when juvenile anoles are active on the forest floor, it presents opportunities for predation by the whiptail.

Although previous literature has mentioned that the Central American Whiptail might consume lizards (e.g., Savage, 2002), this report provides the first evidence supporting this fact. Despite this, it is surprising that this predatory interaction has not been reported before, given that *H. festivus* is a common and diurnal lizard that is easily observed. Consequently, it remains unclear how often or how significant anoles could be for the Central American Whiptail's diet.

Central American Whiptail preying on another lizard species, a Humble Anole in this case, represents one of the relatively few known instances of this type of predation interaction, which could be an important component of the food webs in

lowland forests. Understanding the structure of food webs can contribute to our comprehension of both ecosystem function and biodiversity loss (Zeng et al., 2014). Many aspects of lizard ecology remain unknown, and our understanding grows through the accumulation of reports such as this one. Therefore, even anecdotal information deserves to be published to enhance our understanding of the trophic relationships of Neotropical lizards (Quirós Rosales et al., 2023).

Acknowledgments.- JMM and LIL acknowledges the time and academic support provided by Emilce Rivera, Department head, Carrera de Gestión Ecoturística (Sede Central), and Daniel Tobías, coordinator, Unidad de Ciencias Básicas (Sede Atenas), Universidad Técnica Nacional, Alajuela, Costa Rica.

CITED LITERATURE

- Acuña-Vargas, J.C. 2016. Anfibios y Reptiles asociados a cinco coberturas de la tierra, municipio de Dibulla, La Guajira, Colombia. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 32:133-146.
- Alvarado, R.E., E. Villalobos Alvarado, L.I. López, D. Umaña & J.M. Mora. 2022. Predation of a juvenile *Iguana rhinolopha* (Squamata: Iguanidae) by *Basiliscus plumifrons* (Squamata: Corytophanidae) in the Costa Rican Rainforest. *Caribbean Journal of Science* 52:203-208.
- Campbell, J.A. 1998. *Amphibians and Reptiles of Northern Guatemala, the Yucatán, and Belize*. University of Oklahoma Press, Norman, Oklahoma, USA.
- Dias-Silva, F., C.R. Mattedi, E. Cunha Pontes & E. Almeida Pereira. 2021. Predation on the treefrog *Trachycephalus typhonius* (Linnaeus, 1758) by a vine snake (genus *Chironius*) in the Amazon rainforest of northern Brazil. *Herpetology Notes* 14:379-382.
- Hartshorn, G.S. 1983. Plants. Pp. 136-141. In D.H. Janzen (Ed.), *Costa Rican Natural History*. University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Humphreys, R.K. & G.D. Ruxton. 2018. A review of thanatosis (death feigning) as an anti-predator behaviour. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 2018:72-22.
- Lee, J. C. 1996. *The amphibians and Reptiles of the Yucatán Peninsula*. Comstock, Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- Leenders, T. 2019. *Reptiles of Costa Rica: a field guide*. Zona Tropical Publications, Ithaca, New York, USA.
- Leenders, T. 2023. *Pocket guide to the amphibians and reptiles of Costa Rica*. Zona Tropical Publications, Ithaca, New York, USA.
- Passos, D.C., L.H.A. Glauss & A.B. Galdino. 2017. Predation of the hylid frog *Bokermannohyla alvarengai* (Bokermann, 1956) by the colubrid snake *Chironius flavolineatus* (Jan, 1863) in a montane rocky grassland. *Revista Brasileira de Zoociências* 18:47-52.
- Pianka, E.R. & L.J. Vitt. 2003. *Lizards: Windows to the Evolution of Diversity*. University of California Press, California, USA.
- Phillips, J.G., J. Deitloff, C. Guyer, S. Huetteman & K.E. Nicholson. 2015. Biogeography and evolution of a widespread Central American lizard species complex: *Norops humilis* (Squamata: Dactyloidae). *BMC Evolutionary Biology* 15:1-13.
- Quirós Rosales, M., J.M. Mora & R. Alvarado. 2023. Predation of *Lepidophyma flavimaculatum* (Squamata: Xantusiidae) by *Basiliscus plumifrons* (Squamata: Corytophanidae). *Phyllomedusa: Journal of Herpetology* 22:69-74.
- Sasa, M., G. Chaves & L.W. Porras. 2010. The Costa Rican herpetofauna: conservation status and future perspectives. Pp. 509-60. 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.
- Savage, J.M. 2002. *The Amphibians and Reptiles of Costa Rica: a Herpetofauna Between Two Continents, Between Two Seas*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar, F. Reyes, and J. Hošek (eds.). 2023. *The Reptile Database*. <http://www.reptile-database.org>, [Accessed September 2023]
- Valdez, J.W. 2020. Arthropods as vertebrate predators: a review of global patterns. *Global Ecology and Biogeography* 29:1691-1703.
- Zeng, Z.G., J.H. Bi, S.R. Li, S. Y. Chen, D.A. Pike, Y. Gao & W.G. Du. 2014. Effects of habitat alteration on lizard community and food web structure in a desert steppe ecosystem. *Biological Conservation* 179:86-92.



REGISTROS NOVEDOSOS DE *HYALINOBATRACHIUM VIRIDISSIMUM* (ANURA: CENTROLENIDAE) EN EL EXTREMO SUR DEL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO

NOVEL RECORDS OF *HYALINOBATRACHIUM VIRIDISSIMUM* (ANURA: CENTROLENIDAE) IN THE EXTREME SOUTH OF THE STATE OF VERACRUZ, MEXICO

Oscar M. Mendoza-Velázquez^{1,3*}, Luis E. Sánchez-Cuesta² & Aaron Gómez Cruz³

¹Maestría en Ciencias en Biodiversidad y Conservación de Ecosistemas Tropicales, Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México

²Grupo Eira S.A de C.V, Estudios de Impacto con Responsabilidad Ambiental, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México

³Red Mesoamericana y del Caribe para la Conservación de Anfibios y Reptiles (Red MesoHerp)

*Correspondencia: mevo9611@gmail.com

Recibido: 2024-04-05. Aceptado: 2024-05-20. Published: 2024-06-20.

Editor: José Manuel Serrano, México.

El género *Hyalinobatrachium* (Anura: Centrolenidae) se encuentra conformado por 35 especies reconocidas, las cuales se distribuyen desde el centro de México hasta el sureste de Brasil y Argentina (Frost, 2024). La identificación taxonómica y delimitación del rango de distribución de las especies ha representado un desafío (Guayasamin et al., 2009; Melgarejo-Vélez et al., 2010; Cruz et al., 2017; Mendoza-Henao et al., 2020; Cundapí-Pérez et al., 2022).

Durante muchos años *Hyalinobatrachium fleischmanni* fue considerada una de las especies con el rango de distribución

más amplio dentro de la familia, pero gracias al estudio de Mendoza-Henao et al., (2020) se demostró que las poblaciones de México y Guatemala corresponden a *H. viridissimum*, mientras que las poblaciones de Costa Rica hasta el este de Honduras a *H. fleischmanni* y del sur de Costa Rica hacia Sudamérica a *H. tatayoi*. En Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Puebla y Tabasco la distribución de *H. viridissimum* ocurre a elevaciones entre los 20 y 1, 275 m s.n.m. en zonas de bosques húmedos y nubosos con vegetaciones conservadas y perturbadas a lo largo de cuerpos de agua (Mendoza-Henao et al., 2020).



Figure 1. A) Macho adulto de *Hyalinobatrachium viridissimum*, vocalizando en la localidad La Piedra, B) Puesta de huevos de *H. viridissimum* en el haz de *Guatteria amplifolia* en la localidad de Pericos, Las Choapas, Veracruz, México.

Figure 1. A) Adult male of *Hyalinobatrachium viridissimum*, vocalizing in the locality La Piedra, B) Egg mass of *H. viridissimum* in the beam of *Guatteria amplifolia* in the locality of Pericos, Las Choapas, Veracruz, Mexico.

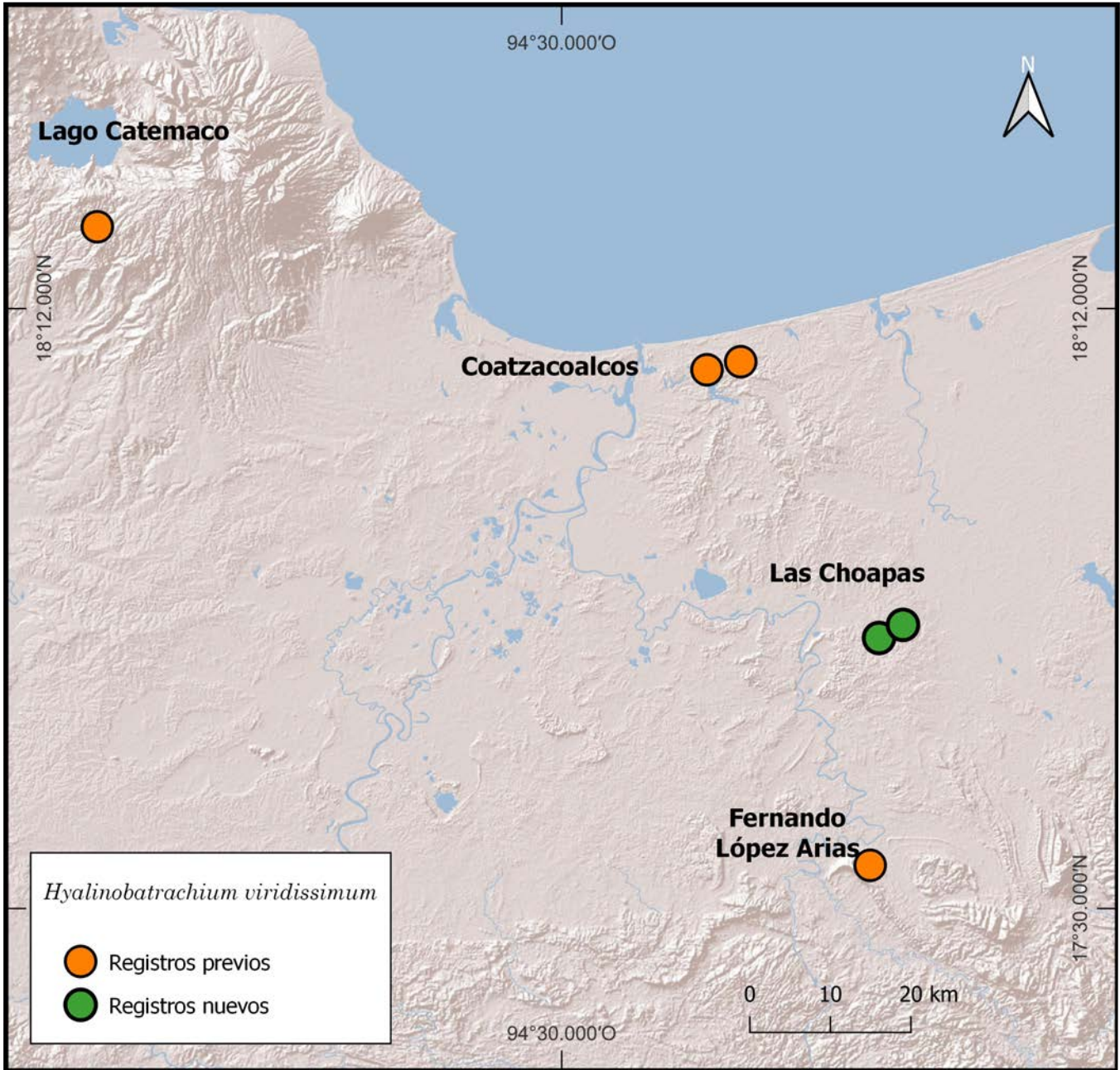


Figura 2. Registros de *H. viridissimum* en el Golfo de México, los puntos naranjas indican los avistamientos previos documentados, mientras que los puntos verdes indican las observaciones de los autores.

Figure 2. Records of *H. viridissimum* in the Gulf of Mexico, orange points indicate previous recorded sightings, while green points indicate the author's observations.

En este trabajo presentamos registros novedosos en la localidad de La Piedra y Pericos, municipio de Las Choapas, Veracruz, México. Todos los organismos fueron fotografiados y liberados en el sitio de observación. Los registros fotográficos

fueron depositados en la colección científica digital de la Natural History Museum of Los Angeles County (LACM PC).

El 15 de diciembre del 2023 en la localidad La Piedra, municipio de Las Choapas, Veracruz, México, (17° 48' 56.8" N y 94° 7' 46.8"

W, WGS84; 11 m s.n.m) siendo las 21:10 h, se registró un macho adulto de *H. viridissimum* (LACM PC 3085; Fig. 1 A) vocalizando en el envés de una hoja de *Zygia latifolia* a una altura de 3 metros, en vegetación riparia de Selva Mediana Subperennifolia, en el margen de un arroyo de ± 10 metros de ancho, en aguas con una profundidad media de ± 110 cm. En el mismo arroyo, a lo largo de un trayecto de 200 m se registraron un total de 14 individuos en sitios con vegetación riparia.

El 26 de enero del 2024 en la localidad Pericos municipio de Las Choapas, Veracruz, México, (17° 49' 52" N y 94° 6' 6.2" W, WGS84; 29 m s.n.m) a las 20:56 h se registró una puesta con 30 embriones visibles de *H. viridissimum*, la cual se caracteriza por su coloración verde pálida con blastocelo translucido, tamaño de 2.1 mm y de entre 14 a 30 huevos (Salazar-Nichols & Del Pino, 2015). La puesta se ubicaba a una altura de 6 m (desde la superficie del agua del arroyo) en el haz de una hoja de *Gutteria amplifolia* (LACM PC 3086; Fig. 1 B). Se realizaron visitas a la puesta de huevos durante ocho días en diferentes horarios para observar si existía cuidado parental como se ha reportado para *H. viridissimum* (Mendoza-Henao et al., 2020), a pesar de ello, no fue posible observar la presencia del macho. Mediante registros auditivos, a lo largo de 300 metros sobre la orilla del arroyo, se registró la presencia de 16 individuos vocalizando en el estrato medio y el dosel de la selva.

La vegetación de los sitios corresponde a Selva Media Subperennifolia, encontrando especies arbóreas como Maca colorada (*Andira galeottina*), Jarandeuca (*Zygia latifolia*), Maca blanca (*Vochysia guatemalensis*), Ficus spp, Capulincillo (*Miconia argentea*), Guarumbo (*Cecropia obtusifolia*), Vaquita (*Tabernaemontana alba*) y helechos arborescentes conocidos como Maquique (*Cyathea fulva*). Entre las herbáceas más abundantes del sitio se encuentran las Gencianas (*Palicourea brachiata*), Aves del paraíso (*Heliconia latispatha*), Platanillo (*Heliconia champneiana*) y Cuna de Moisés (*Spathiphyllum phrynifolium*).

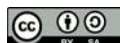
En el trabajo realizado por Aguilar-López & Canseco-Márquez (2006) se reportan 20 especies de anuros para Las Choapas, sin embargo, no mencionan la presencia de *H. viridissimum*. Aunque en el Sistema Global de Información sobre Biodiversidad (GBIF, por sus siglas en inglés), los registros más cercanos se encuentran a 25 km al sur (en línea recta) en la localidad Fernando López Arias (Las Choapas) entre los 27 m s.n.m y a 40 km al norte (en línea recta) en La Cangrejera (Coatzacoalcos) entre los 47 m s.n.m (Figura 2), en sistemas vegetales conformados por selva alta perennifolia en acahuales, potreros, lagos, ríos y arroyos. Los registros presentados en este estudio ayudan a conocer algunos aspectos ecológicos y a identificar nuevas localidades en las que se distribuye *H. viridissimum*, aunado a que se presenta

el registro con la altitud más baja documentada para la región del Golfo de México (11 m s.n.m), ya que en el Sistema Nacional de Información sobre la Biodiversidad de México (SNIB) existen registros históricos con altitudes que van desde los 3 a los 8 m s.n.m en algunos sitios del Pacífico (Flores-Villela, 1998; 2005), lo que sugiere una amplia distribución altitudinal de la especie..

Agradecimientos. - A Grupo Eira S.A de C.V. por los recursos otorgados para la investigación. A UUMBAL Agroforestal por la autorización para realizar el trabajo de campo en la localidad.

LITERATURA CITADA

- Cruz, F.K., V.L. Urgiles, J. C. Sánchez-Nivicela, D.C. Siddons & D.F. Cisneros-Heredia. 2017. Southernmost records of *Hyalinobatrachium fleischmanni* (Anura: Centrolenidae). Check List 13:97-70.
- Cundapí-Pérez, C.C., M.A. Hernández-Hernández, R. Luna-Reyes & G. Mera-Ortiz. 2022. La rana de cristal norteña *Hyalinobatrachium viridissimum* (Anura: Centrolenidae) se distribuye en la zona sujeta a conservación ecológica Cerro Meyapac, Chiapas, México. Lum 3:58-68.
- Flores-Villela, O. 1998. Formación de una base de datos y elaboración de un atlas de la herpetofauna de México. Bases de datos SNIB-CONABIO, Proyecto A014, México, D. F. <http://www.snib.mx/snibgeoportal/Ejemplar.php?id=69dab688c15e4cb1e21c03c05649ebd3>. [Consultado en mayo 2024]
- Flores-Villela, O. 2005. Colección Herpetológica del Museo de Zoología Alfonso Herrera, México (MZFC, UNAM). Bases de datos SNIB-CONABIO, México D.F. <http://www.snib.mx/snibgeoportal/Ejemplar.php?id=5686b31090478ddab61eeda75738c7d0>. [Consultado en mayo 2024]
- Frost, D.R. 2024. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.2. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/Amphibia/Anura/Centrolenidae>. American Museum of Natural History, New York, USA. [Consultado en febrero 2024]
- Guayasamin, J. M., S. Castroviejo-Fisher, L. Trueb, J. Ayarzagüena & C. Vila. 2009. Phylogenetics systematic of glassfrogs (Amphibia: Centrolenidae) and their sister taxon *Allophryne ruthveni*. Zootaxa 2100:1-97.



- Aguilar-López, L.J. & L. Canseco-Márquez. 2006. Herpetofauna del municipio de Las Choapas, Veracruz, México. Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana 14:20-37.
- 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 Biodiversity 18:464-484.
- Melgarejo-Vélez, E.Y., M. Chávez-Ortiz, R. Luría-Manzano, D. Aportela-Cortes, D.M. Galicia-Portano, L. Canseco-Márquez & G. Gutiérrez-Mayén. 2010. Ampliación del área de distribución de la Rana *Hyalinobatrachium fleischmanni* (Anura: Centrolenidae) en el estado de Puebla y del límite septentrional de su distribución. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie) 26:473-476.
- Salazar-Nichols, M.J. & E.M. Del Pino. 2015. Early development of the glass frogs *Hyalinobatrachium fleischmanni* and *Espadarana callistomma* (Anura: Centrolenidae) from cleavage to tadpole hatching. Amphibian and Reptile Conservation 8:89-106.



APROVECHAMIENTO TRADICIONAL DE LOS ANFIBIOS EN EL ESTADO DE MÉXICO

TRADITIONAL USE OF AMPHIBIANS IN THE STATE OF MEXICO

Adriana X. J. González-Hernández¹, Dídac Santos-Fita², David Figueroa³, Viridiana Velasco-Virrueta⁴, Erika Adriana Reyes-Velázquez^{5,6} & Víctor Ávila-Akerberg^{7*}

¹Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. Campus El Cerrillo, Carretera Toluca - Ixtlahuaca Km 15.5, Piedras Blancas, CP 50200. Toluca, Estado de México.

²Instituto Amazônico de Agriculturas Familiares, Universidad Federal do Pará. Rua Augusto Corrêa nº 01, Campus Universitário do Guamá, CEP 66075-110. Belém, Pará, Brasil.

³Facultad de Antropología, Universidad Autónoma del Estado de México. Calle Mariano Matamoros 1065A, Universidad, CP 50130. Toluca, Estado de México.

⁴Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. Campus El Cerrillo, Carretera Toluca - Ixtlahuaca Km 15.5, Piedras Blancas, CP 50200. Toluca, Estado de México.

⁵Laboratorio de Herpetología, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario #100 Centro, 5000 Toluca, Estado de México, México.

⁶Red de Investigación y Divulgación de Anfibios y Reptiles MX, Toluca de Lerdo, Estado de México, México.

⁷Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Universidad Autónoma del Estado de México. Campus El Cerrillo, Carretera Toluca - Ixtlahuaca Km 15.5, Piedras Blancas, CP 50200. Toluca, Estado de México.

*Correspondence: vicaviak@gmail.com

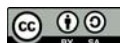
Received: 2023-10-14. Accepted: : 2024-05-04. Published: 2024-06-27.

Editor: César Antonio Ríos-Muñoz, México.

Abstract.— The traditional knowledge that human groups have about fauna is being lost, generating the need to collect the cultural information they have about their natural resources in order to rescue that knowledge for the sustainable management of ecosystems before the loss of species. The objective of this work was to document the traditional knowledge and practices that human communities in the State of Mexico have about amphibians and to assess if there is a current relationship between the loss of traditional knowledge of amphibians with respect to their habitat and the loss of resource knowing the perception of people with respect to their habitat. Open and semi-structured interviews were applied, supported by a photographic catalog for the identification of amphibian species. The use and utilization of twelve species was documented. The axolotls and frogs are the amphibians most used in medicine and food. There are also breeding sites for bullfrogs (*Aquarana catesbeiana*), which are purchased locally for didactic use in schools, while tadpoles and frogs are also used locally for food and adult frogs are captured and sold on request. Knowledge and traditional practices may be being lost either because of economic activities or because of the decrease in amphibian populations due to contamination and the drying out of aquatic bodies.

Keywords.— Traditional knowledge, wildlife, uses, perception.

Resumen.— El conocimiento tradicional que tienen los grupos humanos sobre la fauna se está perdiendo, lo que genera la necesidad de documentar la información que poseen sobre sus recursos naturales con el fin de rescatar esos conocimientos para el manejo sustentable de los ecosistemas, ante la pérdida de especies. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue documentar los conocimientos y prácticas tradicionales que las comunidades humanas en el Estado de México tienen acerca de los anfibios y saber si existe actualmente una relación entre la pérdida del conocimiento tradicional de los anfibios con la pérdida del recurso.



Para obtener la información necesaria se aplicaron entrevistas abiertas y semiestructuradas, apoyadas por un catálogo fotográfico para identificación de las especies de anfibios. Documentamos el uso y aprovechamiento de doce especies. Los ajolotes y ranas son los anfibios más usados como medicina y alimento. Existen además criaderos de rana toro (*Aquarana catesbeiana*), la cual solo es comprada localmente para uso didáctico en las escuelas, los renacuajos y ranas son usados localmente para alimento y las ranas adultas se capturan y venden por encargo. Es posible que el conocimiento y las prácticas tradicionales se estén perdiendo ya sea por las actividades económicas o por la disminución en las poblaciones de anfibios debido a la contaminación y desecación de los cuerpos acuáticos.

Palabras clave.— Conocimiento tradicional, fauna silvestre, usos, percepción.

INTRODUCCIÓN

Los anfibios son un grupo de vertebrados que históricamente han formado parte de diferentes aspectos de la cultura en las sociedades, como la alimentación, las prácticas curativas, rituales, las artes y creencias dentro de las diversas cosmovisiones (Milton, 1994; Charbonneau-Lassay, 1997; Cairo et al., 2010; Bartra, 2011; Hocking & Babbit, 2014; Vallejo & González, 2015; Aguilar-López & Luría-Manzano, 2016).

En México los anfibios son uno de los grupos faunísticos con alto grado de endemismo, porque cerca del 60% de las 412 especies descritas se distribuyen únicamente en el territorio nacional (Frost, 2019). Por ejemplo, de las 18 especies de ajolotes (*Ambystoma* spp.) –de arroyo o de montaña y de lago o laguna– descritas para México (Parra-Olea et al., 2014), 16 son endémicas e incluso micro-endémicas, cuya distribución territorial es a lo largo de la Faja Volcánica Transmexicana en zonas de mediana a gran altitud (1600 - 3800 msnm) (Huacuz, 2002; Casas-Andreu et al., 2003). Paralelamente a la diversidad biológica presente en el país, existe una importante diversidad cultural que se expresa en 68 agrupaciones y 364 variantes lingüísticas (INEGI, 2018).

El análisis de la relación entre los pueblos y los anfibios en territorio nacional se puede abordar en tres momentos históricos: la época prehispánica, la época colonial y la época contemporánea (Flores-Villela, 1993; Aguilar & Luría, 2016). A principios del siglo XX, cuando iniciaron los estudios arqueológicos en el centro de México, se hicieron los primeros hallazgos del uso de fauna en cuestiones religiosas y artísticas, pero no se tenía certeza del uso alimenticio. Fue con los estudios durante la época colonial que se pudo documentar la importancia de los animales silvestres para alimento en épocas prehispánicas (Valadez-Azúa & Rodríguez-Galicia, 2014).

La obra de fray Bernardino de Sahagún, *Historia General de las Cosas de la Nueva España* –o Códice Florentino– (1540),

entre pueblos nahuas del Altiplano Central, proporciona información acerca de aspectos religiosos, mitológicos, alimenticios, medicinales y descriptivo-ecológicos usando anfibios. Una especie sobresaliente es el ajolote, que para la cultura y cosmovisión mexicana se relacionaba con la deidad Xólotl, hermano mellizo de Quetzalcóatl (Sahagún, 1829-1830 [1540]: T. 1, lib. 1, p. 17, 98 y lib. 2, p. 216; T. 2, lib. 5, p. 13, lib. 7, p. 249 y lib. 8, p. 299; T. 3, lib. 11, p. 203, 209). Posteriormente a finales del siglo XVI y el XVIII, existen contados trabajos y poca información, destacando el uso alimenticio y medicinal del ajolote (Ximénez, 1615; Alzate, 1790a, 1790b).

Durante el último periodo que engloba desde fines del siglo XIX hasta el año 2019 (Brand, 1964; Argueta et al., 2003; Santos-Fita et al., 2012; Díaz-García et al., 2019), se da un crecimiento exponencial de trabajos etnozoológicos y áreas afines como arqueozoología y etnohistoria publicados para México. De estos, alrededor del 20% son estudios etnoherpetológicos y abarcando únicamente anfibios alrededor del 2%.

Es sabido del decline general que padecen las poblaciones de anfibios, donde el 43% de las especies se encuentran amenazadas o críticamente amenazadas, algunos de los factores que los afectan son principalmente los antropogénicos como la destrucción del hábitat, explotación e introducción de especies exóticas y la deforestación (Casas-Andreu et al., 2003; Parra-Olea et al., 2014), lo anterior trae como consecuencia la pérdida del saber y saber-hacer local asociado a estos organismos. Siendo así, el objetivo del presente trabajo fue describir los conocimientos y prácticas tradicionales que comunidades rurales y semiurbanas en el Estado de México, centro de México, tienen en relación con los anfibios. Para conservar, existe la necesidad apremiante de investigar más acerca de la percepción y creencias, así como de las formas y normas locales de uso y manejo, que configuran los vínculos presentes y pasados con dicha fauna.

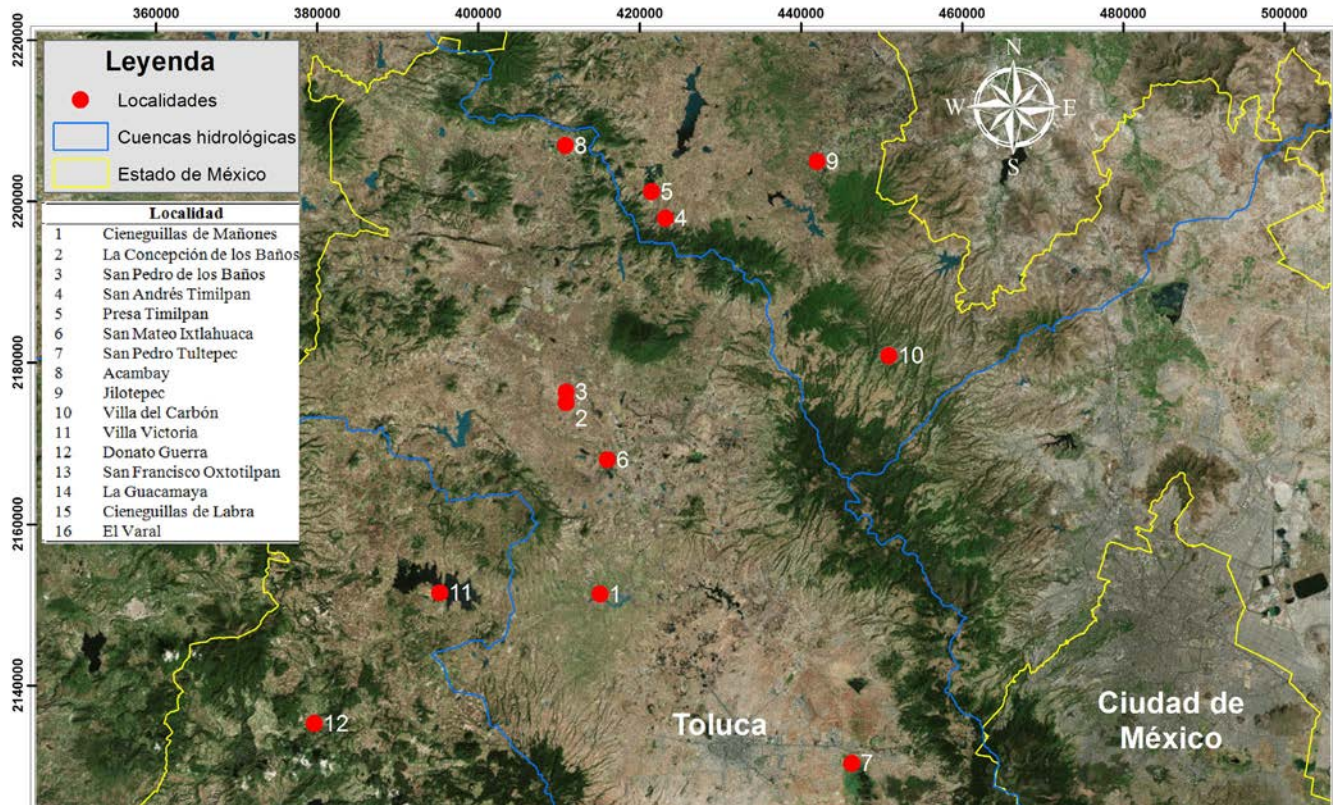


Figure 1. Location of the 15 study locations, distributed throughout the three hydrological regions – Lerma-Santiago, Pánuco and Balsas rivers – in the State of Mexico, Mexico. Map authorship: Víctor Ávila-Akerberg, based on information from INEGI.

Figura 1. Ubicación de las 15 localidades de estudio, distribuidas a lo largo de las tres regiones hidrológicas –ríos Lerma-Santiago, Pánuco y Balsas– en el Estado de México, México. Autoría del mapa: Víctor Ávila-Akerberg, con base a información del INEGI.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el Estado de México ($18^{\circ} 21' 57''$ y $20^{\circ} 17' 27''$ Norte, y $98^{\circ} 35' 50''$ y $100^{\circ} 36' 45''$ Oeste; superficie total: 22,500 km²), en su porción centro, norte y occidente, visitando 15 localidades ubicadas en las tres regiones hidrológicas –ríos Lerma-Santiago, Pánuco y Balsas– que comprenden el territorio mexiquense (INEGI, 2001; Lizcano-Fernández, 2017) (Fig. 1; Tabla 1). La gran variedad en la cobertura vegetal, formada por bosques de coníferas, mesófilo de montaña, matorral de tipo xerófilo, vegetación hidrófila (popal-tular), pastizales, selvas bajas caducifolias y subcaducifolias, se debe a características heterogéneas de clima, relieve e hidrografía. Son hasta ocho tipos diferentes de climas para toda el área de estudio, según la clasificación de Köppen modificada por García (1988) (INE, 2003). La temperatura media anual del estado es de 14.7°C ;

las más bajas se presentan en los meses de enero y febrero, oscilando en los 3.0°C , mientras que la máxima promedio, alrededor de 25°C , se sitúa entre abril y mayo. La precipitación media anual oscila alrededor de los 900 mm, con lluvias durante el verano (junio a septiembre). Su extensa red hidrológica incluye un amplio abanico de cuerpos de agua, tales como ríos, lagos, lagunas, arroyos y ciénegas, (Gobierno del Estado de México, 2007; Lizcano-Fernández, 2017). Asimismo, todo lo mencionado favorece la presencia en suelo mexiquense de una considerable biodiversidad, en términos de riqueza y endemismos, reportando 51 especies de anfibios: 34 anuros y 17 urodelos (Gobierno del Estado de México, 2007).

Las primeras poblaciones humanas, datan de la época prehispanica; según estudios arqueológicos, en el Valle de Toluca los primeros asentamientos sedentarios datan de 1,200-1,000 a.C. (Sugiura et al., 2016). Hoy en día, como proceso y a la vez

producto histórico, la presencia de distintos grupos indígenas y mestizos habitando a lo largo y ancho de las tres regiones hidrológicas les confiere a éstas su carácter pluricultural (Tabla 1). Son comunidades con una amplia influencia étnica, al estar presentes los pueblos originarios otomí y mazahua, ambos de la rama lingüística otomame (familia otomangue). Varias localidades se constituyen de una alta tasa de población hablante de alguna lengua indígena, como, por ejemplo: San Pedro de los Baños, La Concepción de los Baños y San Mateo Ixtlahuaca y en Donato Guerra, donde hay entre un 24% y 38% de hablantes de lengua mazahua (Lizcano-Fernández, 2017). Asimismo, hay zonas que desde finales del siglo XV han estado ligadas a la presencia (dispersa) de población nahua, si bien en la actualidad su número de hablantes se reduce a mínimos (Sugiura et al., 2016).

Obtención de datos

El trabajo de campo se realizó entre marzo de 2017 y octubre de 2018. La cercanía a cuerpos de agua, la distribución histórica muy restringida de algunas de las especies de anfibios como *Lithobates tlaloci*, *Ambystoma lermaense*, *A. rivulare* y *A. altamirani* (Aguilar-Miguel, 2005;), o el emplazamiento de mercados y tianguis locales y regionales, fueron factores considerados a la hora de determinar posibles localidades rurales y semiurbanas donde realizar la investigación (ver Tabla 1). Junto a una revisión bibliográfica sobre el tema y el área de estudio, se hicieron entrevistas abiertas y semiestructuradas y observación participante, del método etnográfico (no probabilístico) (Sandoval, 1996; Albuquerque et al., 2014) para generar y recolectar información acerca de cómo conciben, clasifican, aprovechan y manejan a los anfibios. Esto consiste en la observación sistemática y controlada de todo lo que acontece en torno del investigador, tratando de participar en una o varias actividades de la población de estudio. Como investigador se participa de la vida cotidiana de los sujetos de estudio, realizando sus actividades y aprendiendo a comportarse como uno de ellos, mientras se observa y se registra todo lo que ve y escucha. El objetivo de la observación participante es acumular información etnográfica que facilite la elaboración del conocimiento sobre problemas propios de las ciencias socioambientales.

Para ayudar a identificar las especies observadas y reportadas, además de obtener información al respecto de los organismos, se usó estimulación visual (Albuquerque, et al., 2014) con fotografías de anfibios que se distribuyen en el Estado de México (con base en Aguilar-Miguel & Casas-Andreu, 2009; Ramírez-Bautista et al., 2009). Se utilizó el software QSR N6® (QSR International, Pty Ltd 2002) para capturar, organizar y sistematizar todos los datos (cualitativos) y facilitar su posterior análisis.

Table 1. Major human groups – indigenous or mestizos – that live in the 15 localities where this research was carried out, along with their relationship with amphibians.

Tabla 1. Grupos humanos –indígenas o mestizos– mayoritarios que habitan en las 15 localidades donde se realizó la presente investigación, acerca de su relación con los anfibios.

| Región hidrológica | Localidad y municipio | Región étnica (% indígenas) |
|---|--|------------------------------|
| Río Pánuco | San Andrés Timilpan, municipio de Timilpan | Otomí (8.69%) |
| | Zaragoza (Presa Huapango), municipio de Timilpan | |
| | El Azafrán, municipio de Aculco | |
| | Municipio de Acambay | Otomí (4.05%) |
| | Lomas de San Ángel, municipio de Acambay | |
| | Municipio de Jilotepec | Otomí (1.04%) |
| Río Lerma-Santiago | Municipio de Villa del Carbón | Otomí/Nahua |
| | Palmillas, municipio de Toluca | Otomí/Nahua |
| | Cieneguillas de Mañones, municipio de Almoloya de Juárez | Mazahua |
| | La Concepción de los Baños, municipio de Ixtlahuaca | Mazahua (74.12%) |
| | San Pedro de los Baños, municipio de Ixtlahuaca | Mazahua (58.14%) |
| | San Mateo Ixtlahuaca, municipio de Ixtlahuaca | Mazahua (41.80%) |
| Río Balsas | San Pedro Tultepec, municipio Lerma | Mazahua (1.53%) |
| | Municipio de Villa Victoria | Mazahua (2.80%) |
| | Municipio de Donato Guerra | Mazahua/otomí/nahua (27.69%) |
| | San Francisco Oxtotilpan, municipio de Temascaltepec | Matlatzinca (85.23%) |
| | La Guacamaya, municipio de Temascaltepec | Nahua |
| | Cieneguillas de Labra, municipio de Temascaltepec | Nahua |
| | El Varal, municipio de Temascaltepec | Nahua |
| San Mateo Almololoa, municipio de Temascaltepec | Nahua | |

RESULTADOS

Se hicieron un total de 57 entrevistas a hombres y mujeres en un rango de edad entre 11 a 85 años, se identificó que las personas entrevistadas reconocen 12 especies de anfibios a los cuales se les da por lo menos un uso (Tabla 2). Siete especies están incluidas en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010) y el libro rojo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés).

Nombres en lenguas nativas

Debido a que en el Estado de México existen cinco pueblos originarios (nahuas, otomíes, mazahuas, matlatzincas y tlahuicas), se logró recabar información de los nombres de algunas especies obtenidas en las diferentes lenguas nativas, además para tener información completa de los nombres que se les da a los anfibios se revisó literatura especializada (Guerrero-Ortiz & Retana-Guiascón, 2012; Navarijo-Ornelas, 2012). Pocas personas pudieron darnos el significado de los nombres; por ejemplo, los nahuas conocen al ajolote como *āxōlōtl* (“ā” de “atl” que es agua y “xōlōtl” que significa monstruo) y *atepocatl* que significa “ranacuajo”, mientras que los matlatzincas definen al ajolote como *mentahui* (“men” no tiene un significado exacto, pero lo describen como una especie de deidad o ser mágico y “tahui” es agua) (Tabla 3).

Conocimiento biológico de anfibios

La especie más reconocida por los entrevistados fue el ajolote (*Ambystoma lermaense*, *A. granulatum*, *A. altamirani*, *A. rivulare* y *A. velasci*), seguido de las ranas (*Lithobates montezumae* y *L. spectabilis*). El uso que más se les da a los anfibios es medicinal y alimenticio (Tabla 4).

En la localidad de San Pedro de Los Baños, Ixtlahuaca, se ha aprovechado al ajolote (*Ambystoma granulatum*) más que otras especies de anfibios, las personas entrevistadas saben que “come huevecillos, larvas, mosquitos, e incluso puede comerse a los ajolotes más pequeños”, “Conservan su parte adulta, tiene la capacidad de regenerar algunas partes de su cuerpo”, que tienen branquias, pero se sabe que le llaman “penacho” y se le clasifica como pescado. Señalaron que los ajolotes no alcanzan su edad adulta porque los cazan de pueblos cercanos en temporada de lluvias que es su mayor “esplendor”. Al ajolote también lo conocen como salamandra, hay de tres colores: “güeritos, color cafecitos y verde color pasto”, también mencionan que “son medios grises, el normal es negro” “Los que llegaron porque se escaparon son amarillos”. Hay dos tipos, con orejas “el bueno” porque es el que se come tradicionalmente y “el sordo” sin orejas. Hay quienes

mencionan que “el sordo” es lo mismo que el orejón. Pero el sordo no sirve para cocinarse, “es familia de las ranas”. Le tienen más confianza al que tiene orejas; sin orejas se ve “raro y feo”.

En San Pedro Tultepec, Lerma, las ranas eran la pinta (*L. spectabilis*), la verde y la café (*L. montezumae*) según el lugar donde estaba así se pintaban “si estaban en tierra café, era café si estaban en tierra negra, era negra y si estaba en verde era verde”, los sapos solamente en la sierra.

En la localidad de San Andrés Timilpan, Timilpan, mencionan que hay dos tipos de ajolote: Uno que está “sordo porque no tiene orejas” y el otro sí tiene “en forma de mano” y sólo en eso se diferencian. Saben que está en peligro de extinción y que está prohibido venderlo. Han escuchado que el ajolote es el único al que se le regeneran sus partes, y por eso se hacen investigaciones con el organismo en Xochimilco. Los pescadores saben diferencias entre la hembra y el macho. El macho no tiene “aretitas”, la hembra sí, el macho es más negro, la hembra más güerita.

En Loma de San Ángel, Acambay, describen a los ajolotes “como muy grandes, cafés con amarillo”. No saben diferenciar el macho de la hembra. Se daban en abundancia, pero ahora ya no. Se les veía en presas ubicadas en Acambay, en todos los cuerpos de agua del Valle de los Espejos también. Sólo se comen los que tienen las branquias y les llaman “orejas o aretes”.

En algunas zonas más al sur de Villa Victoria se considera a las ranas venenosas (*L. spectabilis*), al parecer no usan ninguna especie de ajolote. En algunas localidades del Municipio Donato Guerra, mencionan que las ranas y sapos pronostican la lluvia, croan más a menudo se les considera señal de lluvia, estas “vienen con la lluvia, como si ellas la hicieran o cayeran del cielo”, por eso son al igual que las víboras, como anunciadoras de la lluvia, otros las llaman incluso “hijas de la lluvia” y cuando se les ve en grandes cantidades, se dice que ya viene el tiempo de agua. Cuando se incrementan los sonidos del sapo en dos semanas se inician los temporales.

En las localidades San Francisco Oxtotilpan y San Mateo Almomoloa, Temascaltepec, sólo reconocen al ajolote (*A. rivulare*), en general no saben cuándo se reproducen, solamente una persona mencionó que en junio y que comen los insectos del agua y arena y pequeños gusanos escondidos entre la vegetación. Creen que viven en las Ciénegas o ríos poco profundos porque de otra manera la corriente del río se los lleva pero que debe ser en agua limpia. Lo describen como una lagartija que vive en el agua o como un pez con patitas y dedos abiertos de color negro y

Table 2. Amphibian species used to some extent, in the different locations studied and their conservation status.**Tabla 2.** Especies de anfibios con algún uso en las diferentes localidades trabajadas y su estatus de conservación.

| Nombre científico | Estatus de conservación | | Endemismo | Cuenca | Localidad |
|--------------------------------|-------------------------|------|-----------|--------------------|--|
| | NOM-059 | IUCN | | | |
| <i>Ambystoma altamirani</i> | A | EN | Endémica | Río Lerma-Santiago | San Pedro de Los Baños |
| | | | | Río Pánuco | Jilotepec, Villa del Carbón |
| <i>Ambystoma granulosum</i> | Pr | CR | Endémica | Río Lerma-Santiago | San Mateo Ixtlahuaca, Almoloya de Juárez, el Azafrán |
| | | | | Río Pánuco | Villa Victoria |
| | | | | Río Balsas | |
| <i>Ambystoma lermaense</i> | Pr | CR | Endémica | Río Lerma-Santiago | Cieneguillas de Mañones, Almoloya de Juárez |
| <i>Ambystoma rivulare</i> | A | DD | Endémica | Río Balsas | San Mateo Almololoa, San Francisco Oxtotilpan, Temascaltepec |
| | | | | Río Pánuco | San Andrés Timilpan |
| <i>Ambystoma velasci</i> | Pr | LC | Endémica | Río Lerma-Santiago | San Mateo Ixtlahuaca |
| | | | | Río Balsas | El Varal |
| <i>Lithobates catesbeianus</i> | | LC | | Río Pánuco | Jilotepec |
| <i>Lithobates montezumae</i> | Pr | LC | Endémica | Río Lerma-Santiago | San Pedro Tultepec, La Concepción de los Baños |
| | | | | Río Pánuco | Jilotepec, Acambay |
| <i>Lithobates spectabilis</i> | | LC | Endémica | Río Lerma-Santiago | San Pedro Tultepec |
| | | | | Río Balsas | Villa Victoria |
| <i>Lithobates tlaloci</i> | P | CR | Endémica | Río Pánuco | Villa del Carbón |
| <i>Dryophytes eximius</i> | | LC | | Río Balsas | Donato Guerra |
| | | | | Río Pánuco | Jilotepec |
| | | | | Río Balsas | San Mateo Almololoa |
| <i>Spea multiplicata</i> | | LC | | Río Balsas | Donato Guerra |
| | | | | Río Pánuco | Jilotepec |
| <i>Incilius</i> spp. | | | | Río Balsas | Donato Guerra |
| | | | | | Villa Victoria |
| <i>Lithobates</i> spp. | | | | Río Pánuco | Zaragoza |
| | | | | Río Lerma-Santiago | La Concepción de los Baños |

de unos 15 centímetros de largo. Las personas coinciden en que es raro verlos pues ya hay muy pocos con relación a 20 años o más; cuentan que cuando eran niños había muchos y jugaban con ellos en los ríos.

Anfibios usados como alimento

Las personas que aún consiguen ajolotes mencionan "es de buen sabor, parecido al pescado". Lo preparan, frito con nopales, en chile rojo o verde. Antes de prepararlo le quitaban la sustancia viscosa, el pellejo, los ponía a "desechar" a veces, uno o dos días y luego se freían. Se comían todas las "especies" de ajolotes que hay. También se comen el tepocate (renacuajos de rana) y antes consumían también especies de ranas más grandes. Los jóvenes lo han probado y no les gustó, no lo comen porque no se ven ricos, las nuevas generaciones prefieren algo que es de fácil adquisición. En San Pedro Tultepec, del ajolote mencionan que "no tiene hueso pura carne, como la trucha". Los ajolotes los sacaban de la ciénega, los destripaban y los enterraban en el

lodo entre zacatales y los hacían como barbacoa y así los comían. En el mercado de Palmillas, en Toluca, el ajolote lo guisan de diferentes formas, por ejemplo, frito, a la mexicana, en hoja de maíz, capeados, empanizados, o en ensalada. También se pudo observar que en el mercado muchas personas preguntan "¿qué son?", porque ya no los conocen. En San Pedro Tultepec, mencionan que, de las ranas, algunas se comen (*L. spectabilis* y *L. montezumae*) y otras las matan (sapos, posiblemente *Spea multiplicata*). Del ajolote dicen que como alimento es "carnosito", se puede preparar cocido en hoja de maíz (tamal), chile verde, con chipotle, en caldo, con hoja de maíz, con ajo, cebolla, mantequilla, chile y epazote. Se le quitan las vísceras, se envuelve y se cocina o "como se desee". Cocido en hoja de maíz y chile verde es lo tradicional.

En el mercado de San Andrés Timilpan, Timilpan, se encontraron dos comerciantes que vendían ajolotes cocidos en hoja de maíz, aunque "casi nunca hay" de acuerdo con algunos



Figure 2. Axolotl cooked in corn husk, Timilpan market, State of Mexico.

Figura 2. Ajolote cocido en hoja de maíz, mercado de Timilpan, Estado de México.

Table 3. Names of amphibians in different languages in the State of Mexico.**Tabla 3.** Nombre de anfibios en diferentes lenguas en el Estado de México.

| Español | Náhuatl | Mazahua | Otomí | Matlazinca | Tlahuica |
|-----------|-----------------|---------|------------------|---------------------------------------|-----------|
| Ajolote | Axólotl | Zambole | Nzūjuēl, nzūmb'o | Mentagui, mentawi | Ñelakapjo |
| Rana | Kosatl, Cuéyatl | Guëë | Tsānuë | Chotkua, chocúa | Nrana |
| Sapo | | | Tsānuë | Chotkua, chocúa | Nyunkua |
| Renacuajo | Atepócatl | Zambo | Xonfō, nāhñu | K'aphowi, capówi, caapowi, capogui | |

compradores. Mencionan que el clima no es propicio para que el ajolote se desarrolle apropiadamente y no se dedican a su producción, algunas personas mencionan que los ajolotes y ranas son muy sabrosos en caldo (como mole de olla). El sabor de ajolote es como a carne de puerco, tiene un poco de grasa y la rana tiene un sabor particular, lo que se aprovecha son las ancas. Las personas que han probado ajolote dicen que no tiene sabor a otro animal, tiene su sabor característico. Para prepararlo mencionan “se dora con aceite y con cebolla”. Dicen que antiguamente se tenía la costumbre de “secarlos”, o sea, sacarles las vísceras y pelarlos y tenderlos a orear, antes de prepararse. Si el ajolote se asa, no necesita aceite, “solito suelta su aceite y se asa bien”. Al “tepolcate” en la región también lo conocen como “sonfo”, los preparan cocidos en hoja de maíz, al igual que los charales y al ajolote (Fig. 2). Las personas mayores son los que más consumen y compran ajolotes o ranas, aunque cada vez lo hacen menos pues en sus casas pocos familiares les gustan. Los jóvenes ya casi no consumen debido a su escasez, cambios en la preferencia alimentaria y el desconocimiento de las preparaciones que incluyen anfibios.

En Loma de San Ángel, Acambay, algunas personas entrevistadas no han probado ni ajolotes ni ranas, otros han probado ajolote en cocidos en hoja de maíz (carne suave, rica). “Se daban en abundancia, pero ahora ya no, se les veía en presas cercanas y en muchos cuerpos de agua”. Saben que se preparan en cocidos (quitándoles las vísceras), o fritos. Lo consideran pescado. Los ajolotes sin orejas los “lisos”, se llegaban a usar para alimentar a los guajolotes, los molían con su comida. Se comen los que tienen “orejas” y hay dos formas: pelarlos o destriparlos y pelarlos y poniéndolos a secar al sol.

En el municipio de Jilotepec, usan como alimento ranas y ajolotes, las personas conocen los sonfos (renacuajos), las ranas (*Dryophytes arenicolor*, *D. eximius* y *D. plicatus*, *Lithobates montezumae* y tal vez *L. spectabilis*), los sapos (*Spea multiplicata*) y los ajolotes (*Ambystoma altamirani*). Tienen represas artificiales denominadas jagüeyes que utilizan para la actividad agropecuaria (una de las principales actividades junto con la agricultura). Estos jagüeyes (Fig. 3) representan hábitats propicios para algunas especies. Reconocen a la rana toro (*Aquarana catesbeiana*), por venta en los mercados.

En la Sierra de las Cruces (la cordillera que divide a los valles de la Ciudad de México de la Ciudad de Toluca), se acostumbra a utilizar al ajolote (*A. altamirani*) como alimento, sobre todo las personas de la tercera edad quienes además tienen conocimiento sobre los fluidos tóxicos cutáneos de la especie. Dicen que es necesario sacrificar al ajolote rociándole jugo de limón y dejándolo secar para después consumirlo como carne seca, de otra forma el líquido que expulsan puede provocar daño a las personas que la consuman.

En el Municipio de Villa Victoria, no es común el consumo de ajolotes, pero sí la pesca de ranas. Solo se encontró un pescador que se dedica a vender ranas. Anteriormente se veían ranas (*L. zweifeli*, *L. spectabilis*) y sapos (*Incilius occidentalis*), ahora “ya no se ven tanto”.

En localidades del Municipio de Donato Guerra cuando inician las lluvias se forman cuerpos de agua temporales, donde se pueden encontrar ranas, que son consumidas por algunas familias que las preparan en mixiote (cocida y envuelta en hoja de

penca de maguey) acompañados de salsa verde o roja y también cocidas en hoja de maíz. Debido a su poca disponibilidad, los pobladores han dejado de consumir anfibios. Los pescadores que tienen un estrecho contacto con la laguna y sus recursos comentan que anteriormente se alimentaban de los productos lacustres al menos cuatro días a la semana, mientras que las familias que sólo recolectaban por antojo o gusto lo hacían un par de veces al mes, en la actualidad el consumo de estas especies ha ido desapareciendo junto con la presencia de estas, ahora sólo consumen de seis a diez veces al año.

Venta

En general, los ajolotes se venden por docena, pero no le ganan dinero porque ya no hay en abundancia además de que ya no lo comen porque prefieren pollo, res o cerdo. En el mercado de la Concepción de los Baños, Ixtlahuaca, algunos locatarios que venden pescado en ocasiones tienen a la venta ranas (*L. montezumae*) que pescan en San Andrés Timilpan y cuando no es temporada las traen de Guanajuato y algunos criaderos provenientes de Michoacán (posiblemente de criaderos en Cuitzeo). Lo que mencionan es que en la zona es difícil conseguir ranas, sapos y “samborajos” (renacuajos). El precio de ajolotes (*A. granulatum* o *A. velasci*) vivos, es de \$150 pesos mexicanos por kg (unos 7.5 USD) y c/u \$30 pesos (1.5 USD), para consumo y como medicina para la tos. La venta de ranas (*L. montezumae*) en \$170 pesos por kg (8.5 USD), ya sin vísceras, para consumo humano. Se observó la venta de tepocates (renacuajos) para consumo humano y también la venta de ranas (*L. spectabilis*) para mascota. En el mercado Palmillas, Toluca, los ajolotes tienen un costo de \$10 pesos c/u, los llevan de la presa de Ixtlahuaca (ya transformados, posiblemente *A. granulatum*). La docena de ajolotes se vende en \$40 ó \$50 los que los pescan los venden vivos, en Atlacomulco y Acambay. En San Andrés Timilpan quienes los venden los ofrecen en el vecindario porque se supone está prohibido venderlos en el mercado, el precio varía entre \$120 y \$140 pesos el kg.

Anfibios usados como medicina

En los mercados de San Andrés Timilpan y La Concepción de los Baños, se observó la venta de jarabe de ajolote para la tos y problemas respiratorios (Fig. 4). En San Pedro Tultepec, con respecto al uso medicinal, el que no tiene orejas, el sordo, es el más bueno y efectivo como medicamento, tiene más vitamina, sirve para medicina, “es más bueno, por poder curativo” para la diabetes, los pulmones, la tos, cáncer, para la sangre. “Se come todo en caldo (hervido) porque saca toda la vitamina”. También mencionan que tiene trementina y que ahí es donde está lo medicinal, estando húmedo no se quita fácil si se agarra (se echan jabón de polvo en la mano para que no se les pegue

el ajolote porque sueltan trementina, después se le quita). Con respecto a otros usos, dicen que cuando los bebés no quieren comer, les dan ajolote y les da hambre, para esto se preparan en el comal, tostados con sal.

En San Andrés Timilpan, pocas personas mencionaron que los ajolotes o ranas tuvieran beneficios medicinales. El ajolote se usaba sobre todo para la tos, tosferina, para las vías respiratorias, para los pulmones. En Loma de San Ángel, Acambay, algunos entrevistados han escuchado que hacen pomada de ajolote para las “riumas”. En el Municipio de Villa del Carbón, se cree que el ajolote (*A. altamirani*) cura algunas enfermedades como la tos y el empacho al comerlo hervido. En las localidades San Francisco Oxtotilpan y San Mateo Almomoloa, el ajolote se usa básicamente para remedio como empacho para los niños y se los dan en un caldo. También las ranillas (*Dryophytes eximius*) son usadas para quitar lo “chipil” a los niños.

Temporadas y formas de pesca

Los pescadores utilizan red de arrastre para la pesca, pero cuando hace mucho frío no salen los ajolotes. En marzo y abril es la mejor época para pescar y los ajolotes salen más grandes. En Timilpan utilizan trampas para sacar los ajolotes pues hay menos y es más profunda la presa, también los atrapan con red de arrastre, con la de tumbo, la atarraya o chinchorro, “solitos se atorán en la red”.

En San Pedro Tultepec, para sacar ajolotes, se utilizan chinchorros o trasmallos (redondas). Por experiencia van y cazan en la noche, en el día no caen en la red. Se pueden encontrar todo el año. “Hay lugares donde anda, pero a veces no cae”. Compran las redes, las arman y las ponen para atrapar ajolote usan “del ojo 2”, ya que las piden por pulgadas.”. Hace 40 años o más ponían la red en las zanjas y con palos movían el agua acercando animales a la red. Caían docenas a las redes, un pescador podía extraer aproximadamente 15 docenas, pero ahora “ya no hay sordo”. La mejor época para pescarlo es en mayo-junio. Antes, al pescar acocil, el ajolote andaba cerca y caía en las redes. Ahora se ponen las trampas, los chinchorros (de ojos o malla pequeños).

Algunos recuerdan cuando la rana abundaba y los niños salían de cacería nocturna con sus papás a pescarlas en las zanjas a la orilla de la ciénega, en la zona más fangosa. Se tenía que atrapar a las de buen tamaño, de unos 20 cm de largo, las que algunos llaman rana leopardo (*L. spectabilis*) o la Moctezuma (*L. montezumae*), que es más negra y de preferencia, las hembras, que son más grandes; existe otra especie la ranilla (*Dryophytes eximius*), que no sirve para alimento y en cambio “su orina puede quemar las manos” por lo que se evitaba agarrarla. Las ranas se



Figure 3. Jagüey in the town of Cieneguillas de Mañones, municipality of Almoloya de Juárez, State of Mexico.
Figura 3. Jagüey en la localidad Cieneguillas de Mañones, municipio de Almoloya de Juárez, Estado de México.



Figure 4. Sale of ointments and syrups in the market of La Concepción de los Baños, Ixtlahuaca municipality, State of Mexico.
Figura 4. Venta de ungüentos y jarabes en el mercado de La Concepción de los Baños, municipio Ixtlahuaca, Estado de México.

atrapan en época de lluvias con una red, botas de hule y lámpara de minero o de cabeza, para tener las manos libres y para ver el brillo de los ojos de las ranas a la luz de la luna. En la madrugada se veían por el movimiento. Ahora las consiguen por docena en los criaderos de Atenco, de Tultepec o en Santiago Tianguistenco. Sólo que ahora su precio ha subido tanto que se considera un platillo especial, de fiesta, o para agradecer a alguien.

En Temascaltepec, las personas aprovechan la temporada de lluvias para la pesca de peces y ranas. La recolección de anfibios se realiza mayormente durante la época de lluvias (mayo a octubre) en lugares de agua corriente y cuando nacen los charcos y crecen los cuerpos de agua perennes; sin embargo, mencionan que cada año se reduce su presencia. La pesca es por medio de

redes y en ocasiones podían hallarse ejemplares de ajolote. La pesca con carrizo es la mejor para obtener ranas y ajolotes en áreas poco profundas, zanjas o en lugares donde se drenan los campos de cultivo.

DISCUSIÓN

Las doce especies de anfibios identificadas con aprovechamiento tradicional en el Estado de México son más de lo que se ha documentado en otros trabajos en el país: dos anfibios para el occidente de Aguascalientes; seis para la sierra norte de Puebla; 11 para los Altos de Chiapas; nueve para Acaxochitlán, Hidalgo; tres en Ocuilan, Estado de México; cinco en Metztlán, Hidalgo; ocho en Irapuato, Guanajuato; dos en el altiplano potosino-

Table 4. Use of amphibians in the State of Mexico, Mexico. / **Tabla 4.** Uso de anfibios en el Estado de México, Mexico.

| Nombre científico/común | Uso | Forma de uso |
|---------------------------------------|-----------|--|
| <i>Ambystoma altamirani</i> (ajolote) | Medicinal | Hervido para la tos y empacho |
| | Alimento | Cocido en hoja de maíz (tamal) o fritos |
| | Comercial | |
| | Benéfico | Indicador de la calidad de agua |
| <i>Ambystoma granulosum</i> (ajolote) | Medicinal | Para la tos, para vías respiratorias, tosferina |
| | Alimento | Frito con nopales, en chile rojo o verde, a la mexicana, en hoja de maíz, capeados, empanizados, en ensalada |
| | Mascota | |
| | Benéfico | Control de plagas, indicador de la calidad de agua |
| | Comercial | |
| <i>Ambystoma lermaense</i> (ajolote) | Medicinal | En caldo para que saque toda la vitamina, para la anemia. Cuando los bebés o niños no quieren comer. Para los pulmones, cáncer, para la sangre, obstrucciones inflamatorias del hígado, enfermedades del pecho |
| | Alimento | En chile verde, con chipotle, en caldo, en hoja de maíz, con ajo, cebolla, mantequilla, chile y epazote, asados, cocidos |
| | Comercial | |
| | Benéfico | Indicador de la calidad de agua |
| | Otro | Para cuando un niño manifiesta trastornos físicos y emocionales a causa del nacimiento de un hermanito "quitar lo chipil". Provoca lujuria. |

Table 4. Use of amphibians in the State of Mexico, Mexico. / **Tabla 4.** Uso de anfibios en el Estado de México, Mexico.

| Nombre científico/común | Uso | Forma de uso |
|--|-----------|---|
| <i>Ambystoma rivulare</i> (ajolote) | Alimento | Con chile, en caldo, en hoja de maíz |
| | Benéfico | Control de plagas, indicador de la calidad de agua |
| | Comercial | |
| <i>Ambystoma velasci</i> (ajolote) | Alimento | Frito con nopales, en chile rojo o verde |
| | Medicinal | Para la tos, en pomada para "las reumas" |
| | Benéfico | Indicador de la calidad de agua |
| | Comercial | |
| <i>Aquarana catesbeiana</i> (rana toro) | Alimento | Guisada, empanizada |
| | Otro | Para uso en escuelas como material educativo |
| <i>Lithobates montezumae</i> (rana negra, parda, verde o café) | Alimento | Fritas, en hojas de maíz, mixiote, capeadas |
| | Comercial | |
| | Benéfico | Pronostican las lluvias, control de plagas |
| <i>Lithobates spectabilis</i> (rana cuaja, rana pinta, rana leopardo) | Alimento | Fritas, en hojas de maíz, mixiote, quesadillas o tacos acompañadas con salsa verde o roja |
| | Benéfico | Pronostican las lluvias, control de plagas |
| | Mascota | |
| | Mitos | Se considera venenosa |
| <i>Lithobates tlaloci</i> (rana cuaja, cueyatl) | Alimento | Fritas, en hojas de maíz, mixiote, quesadillas o tacos acompañadas con salsa verde o roja |
| <i>Lithobates zweifeli</i> (rana negra) | Alimento | Fritas, en hojas de maíz, mixiote, quesadillas o tacos acompañadas con salsa verde o roja |
| <i>Dryophytes eximius</i> (ranilla, renacuajo) | Medicinal | Para el empacho |
| | Benéfico | Pronostican las lluvias |
| | Mitos | Su orina quema las manos, para "quitar lo chipil" |
| <i>Incilius o Spea</i> (sapo zonfos) | Benéfico | Pronostican las lluvias, control de plagas |
| | Mascota | |
| <i>Lithobates spp.</i> (renacuajos, tepocates, sonjos, sonfos, samborojos) | Alimento | En hoja de maíz |

zacatecano; tres en Xoxocotla, Morelos y nueve en la Sierra de Montenegro, Morelos (Mellink et al., 1986; Ávila-Soriano, 1987; Hernández-Pérez, 1997; Enríquez-Vázquez et al., 2006; Guerrero-Ortíz y Retana-Guíascon, 2012; Monroy & García-Flores, 2013; Reyna-Rojas et al., 2015; Amador-Alcalá & De la Riva-Hernández, 2016; González de la Fuente, 2016; Leyte-Manríquez et al., 2016).

De acuerdo con Favila et al. (2011) en el Valle de Toluca reconocen dos tipos de ajolote, los sordos de color café y los de aretes de color negro, estos últimos son los que comía la gente y los primeros los consideraban de mala suerte. Los ajolotes sordos son los que han completado la metamorfosis, sin tener branquias, mientras que los de aretes son los individuos con branquias. Sánchez-Núñez (2006) documentó el conocimiento tradicional que tienen los mazahuas en Francisco Serrato, Michoacán, ellos logran identificar y nombrar tres estadios de desarrollo previos al organismo adulto, así mismo reconocen estructuras específicas de las salamandras y para ajolotes, reconocen y nombran las branquias en lengua mazahua. El señalar que estos organismos "llaman a las lluvias, cuando cantan lloverá" se le puede concebir como un elemento de predicción de las temporadas anuales (Teron & Borthakur 2009). El hecho de relacionar a los anuros con las lluvias previamente fue referido para México por Gallardo (1994), quien afirma que se trata de un elemento de la cosmovisión entre los grupos mesoamericanos que aún continúa vigente.

Es interesante destacar cómo los aspectos ecológicos del hábitat coinciden con los señalados por los científicos, siendo similar la apreciación de su ubicación espacial en los ríos para ranas, ajolotes y renacuajos, así mismo coincide la época de lluvias con la abundancia de las especies (Uribe-Peña et al., 1999; Ramírez-Bautista et al., 2014). Favila et al. (2011) documentaron el consumo de ajolote en Texcalyacac, Santa Cruz Atizapan y en San Pedro de los Baños "primero le quitan el cuero con ceniza de carbón. Luego se le echa el cuerpo y se le quita lo negro, se pone a resecar en la noche, al día siguiente lo guisan en salsa roja con nopal o solo en el comal con acociles". La gente del pueblo lo captura una vez al año, cuando se abren las presas. Ventura-Aquino (2016) y Viesca-González et al. (2011) mencionan que los llamados tamales ó mextlapiques, podían rellenarse de varios ingredientes entre ellos ranas y ajolotes.

En Almoloya del Río, los principales compradores son personas mayores. Es alimento raro y por lo tanto caro, en comparación con tiempos anteriores, debido a que se requiere un mayor esfuerzo para encontrarlos y capturarlos, y se consiguen por encargo; ahora la docena cuesta entre \$100 y \$120 pesos (alrededor de \$6-8 USD), dependiendo de su tamaño

(Álvaro-González, 2012). Como mencionan Álvaro-González et al. (2012), algunas personas mayores aseguran que "en sus tiempos" estaban mejor nutridos pues su dieta era balanceada, no incluía grasas o aditivos químicos. Además, comían muchas frutas y verduras, en cambio ahora las nuevas generaciones ya no están acostumbradas a consumir ese tipo de alimentos.

En las localidades San Francisco Oxtotilpan y San Mateo Almomoloa, Temascaltepec preparan la ajolotada, también preparan ajolotes cocidos en hoja de maíz, al ajo, frito e incluso encebollado, las señoras que aún lo saben preparar generalmente tienen más de 70 años. La vida cerca de zonas lacustres fue importante durante muchos años, debido a que compartían una manera de vivir en donde el aprovechamiento y la apropiación de los recursos bióticos definían tareas socio-económicas y culturales propias de un tradicional modo de vida lacustre, resaltando la obtención de alimento que implicaba aprovechar los recursos esenciales para la subsistencia regulado por conocimientos obtenidos por observaciones de los ciclos biológicos y estacionales (Sugiura & Serra, 1983; Favila et al., 2011).

El uso medicinal de los ajolotes y ranas se remonta desde tiempos prehispánicos, lo que indica la importancia cultural de los anfibios (Casas-Andreu et al., 2004; Velarde-Mendoza, 2012). El ajolote era muy apreciado y útil desde el siglo XVII, considerado como una especie sana se daba a los niños anémicos, además se recomendaba para obstrucciones inflamatorias del hígado y se usaba para enfermedades del pecho (Rojas-Rabiela, 1998). En el siglo XIX Orozco & Berra (1864), mencionando que el ajolote se empleaba para el tratamiento de obstrucciones inflamatorias del hígado. Además "en nuestras boticas se prepara un jarabe con la parte gelatinosa del animal y yerbas pectorales, usado en las enfermedades del pecho, como pectoral mucilaginoso" (Rojas & Pérez-Espinosa, 1998).

Varios autores señalan que, aunque aún existen regiones en donde se pescan ajolotes o ranas, son en menor cantidad y ya no son atractivos para los habitantes, incluso existe cierto rechazo hacia su consumo, además de que la población ha sufrido cambios en la actividad económica, los pescadores ahora se dedican a la agricultura o trabajo en industrias fuera de sus comunidades (Viesca-González et al., 2011; Álvaro-González et al., 2012; Gómez-Baggethun & Reyes-García, 2013; De la Cruz, 2014).

Sugiura & Serra (1983) mencionan que en la vida lacustre destacaban dos aspectos primordiales que reflejaban un alto grado de adaptación: la obtención de alimentos y la producción

artesanal. Los ajolotes se pescaban todo el año, mientras que los tepocates de mayo a agosto. Se utilizaban redes para aguas profundas y con tridentes desde las canoas, las ranas se capturaban después de las ocho de la noche con luz de teas de ocote (pino) untadas de chapopote. Y como mencionan Viesca-González et al. (2011) tradicionalmente, las ranas se matan metiéndoles el dedo en la boca para desgarrarles las vísceras y sacárselas después por el pecho. Luego se enjuagan con agua limpia. Hay quienes las cuelgan de un palo para asolearlas, airearlas y que "no sepan a choqueado", es decir, para que pierdan el sabor a humedal. Para cazar ranas desde la canoa con fisga, les quiebran ambas patas para que no brinquen. Según algunos pescadores en la época de lluvias la caza de ranas con fisga alcanzaba 200 o más ejemplares (Sugiura, 1998).

En varias localidades no tienen bien claro si hay una temporada específica para que los ajolotes o las ranas sean más abundantes, mientras que Albores-Zarate (1992) menciona que, en San Mateo Atenco, la gente iba a "raniar" en determinadas épocas, como la que comenzaba después de las primeras lluvias y que abarcaba de mayo a agosto, siendo entonces cuando aquella labor podía realizarse más fácilmente a la orilla de la ciénega. La región no se caracteriza por venta o aprovechamiento de ajolote o rana, es más para pescado. No se comercializaba con ajolote tiempo atrás, sólo cuando limpiaban los bordes sacaban los ajolotes, carpas o ranas, pero lo dejaban "a la buena de Dios". No se comercializaba ampliamente, a reserva de que alguna persona sí lo hubiera hecho hace muchos años.

Para combatir la escasez de ranas, el gobierno estatal dio apoyos y capacitaciones para la implementación de criaderos de rana toro (*A. catesbeiana*), la gente lo vio con interés en un principio o por curiosidad, pero después se desentendieron y se olvidaron. La introducción de especies exóticas confiere uno de los mayores impactos antropogénicos en ecosistemas acuáticos y contribuye a la reducción de las poblaciones nativas (Walston & Mullin, 2008). De acuerdo con Álvarez-Fernández (2015) existen diez ranarios solo en el Valle de Toluca, que utilizan la rana toro. Sería importante ver cuántos son aún funcionales y proponer usar solo la rana nativa (*L. montezumae*) y erradicar especies introducidas. Las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA's) son fundamentales para la reproducción de anfibios nativos y que sean aprovechados por las comunidades.

Es fundamental generar la mayor cantidad de información sobre la ecología, distribución geográfica y conservación de las especies de anfibios del Estado de México. Incorporar las necesidades de los anfibios en los planes de uso de suelo y uso del

agua. Prevenir la pérdida del hábitat, identificar hábitats críticos degradados, restaurarlos y gestionarlos para la conservación. Es necesario implementar programas para estimular y favorecer los estudios enfocados en resaltar la biodiversidad, ligándola con el aprovechamiento de las culturas tradicionales de cada región. De manera que podamos tener un mayor conocimiento y valoración de la riqueza cultural y biológica implicando la colaboración interdisciplinaria de investigadores para abordar la problemática con un enfoque integral (Viesca-González & Barrera García, 2011). Un plan de educación en todos los niveles de la población para dar a conocer toda la información de la problemática que tienen los anfibios. Producir material didáctico para la educación formal y no formal, establecer enlaces entre investigadores y educadores. La educación ambiental recupera el saber tradicional y mejora la conservación y uso sustentable de los anfibios (Velarde-Mendoza, 2016).

Las sociedades tradicionales albergan un repertorio de conocimiento ecológico que generalmente es local, colectivo, diacrónico y holístico. Los pueblos originarios poseen una larga historia de práctica en el uso de los recursos que son transmitidos de generación en generación. El conocimiento está intrínsecamente ligado a las necesidades prácticas de uso y manejo de los ecosistemas locales. El conocimiento tradicional provee información detallada de todo el entorno representado por los paisajes concretos donde se usan y manejan los recursos naturales (Toledo & Barrera-Bassols, 2009). Las condiciones sociales, económicas, culturales y demográficas han cambiado en las últimas décadas y la población se ha incrementado existiendo una mayor demanda de alimentos de todo tipo, pero aún existen muchas regiones del país en las que un modelo tradicional de producción se aplica con éxito retomando al menos algunos de sus elementos para incorporarlos en los medios y técnicas de producción (Viesca-González & Barrera García, 2011).

La producción "orgánica" (llamada así por la gente, pero sin que tenga una certificación oficial) de vegetales y animales puede contribuir a la preservación de las especies locales, mejorar la alimentación de la población y los ingresos de este tipo de productos. En varias localidades del Estado de México, las personas hacen un aprovechamiento sustentable tradicional y quieren preservar ese conocimiento, pero dicen necesitar del apoyo tanto gubernamental como académico para sacar adelante sus proyectos. Debemos revalorar y aprovechar el conocimiento tradicional y como ejemplo hay muchos agricultores tradicionales y grupos indígenas que han sabido explotar la tierra y demás recursos naturales que los rodean de manera sustentable.

CONCLUSIONES

En el Estado de México se utilizan doce especies de anfibios para alimentación, medicina y mascotas. Las especies mayormente usadas son ajolotes (*A. lermaense* y *A. granulosum*) y ranas (*L. montezumae* y *L. spectabilis*) y el uso principal es alimenticio y medicinal

El conocimiento tradicional en general se está perdiendo en zonas que han tenido un importante crecimiento industrial, donde las personas que antes se dedicaban a las actividades lacustres, ahora trabajan en fábricas y donde otro sector de la población ha tenido que emigrar para obtener mejores oportunidades de trabajo. En zonas donde aún se practica la pesca de ajolotes y ranas, el conocimiento se está dejando de transmitir a las nuevas generaciones por falta de interés sobre los recursos lacustres y aunado a esto, la contaminación y desecación de los cuerpos de agua. La transmisión de los conocimientos tradicionales de padres a hijos se va perdiendo como resultado de distintos procesos como cambio en las actividades económicas, pérdida de las lenguas nativas al no incluirlas en la educación formal y el desinterés mostrado por las nuevas generaciones y abandono de costumbres locales.

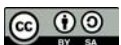
Si bien hubo un tiempo en que el consumo de anfibios era una opción económica para alimentarse, la contaminación y desecación de cuerpos de agua, afectó considerablemente la abundancia de ajolotes y ranas y como consecuencia la pérdida de conocimiento tradicional por efectos de cambios ambientales además de cambios en la economía local y educación formal. La mayoría de los testimonios recabados también coinciden en que la presencia de especies exóticas como lobina, carpa y charal que se remonta de diez a dieciocho años atrás afectó considerablemente la fauna lacustre.

Además de rescatar el conocimiento que se tiene sobre el uso de anfibios, es primordial que éste se siga preservando, implementando talleres de educación ambiental donde se resalte la importancia de la flora y fauna lacustre, además de capacitar a las personas en el manejo y aprovechamiento de especies nativas de anfibios.

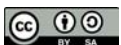
Agradecimientos.- A todas las personas que amablemente accedieron a dar información. A Ubaldo Guzmán Villa por la ayuda brindada. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada durante la Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales 2017-2019 con registro número 619593.

LITERATURA CITADA

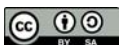
- Aguilar-López, J.L. & R. Luría-Manzano. 2016. Los anfibios en la cultura mexicana. *Revista Ciencia* 67:1-8.
- Albores-Zarate, B.A. 1992. El modo de vida lacustre. Tesis de Doctorado. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- Albuquerque, U.P., L. Fernández, R. Farias & R. Nóbrega. 2014. *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology*. Human Press, New York, New York, USA.
- Álvaro-González, S.P., Viesca F. & B. Quintero. 2012. La gastronomía lacustre de Almoloya del Río, Estado de México y sus alrededores, en las décadas de 1960 y 2000. *Culinaria* 4:59-78.
- Alzate, J.A. 1790a. Ajolotl. *Gaceta Literaria de México* (2)5:41-42.
- Alzate, J.A. 1790b. Conclusión del antecedente. *Gaceta Literaria de México* (2)6:43-44.
- Amador-Alcalá, S.A. & G. De la Riva-Hernández. 2016. Uso tradicional de fauna silvestre en las serranías del occidente del estado de Aguascalientes, México. *Etnobiología* 14:20-36.
- Argueta-Villamar, A., E. Corona-M, G. Alcántara-Salinas, D. Santos-Fita, E.M. Aldasoro-Maya, R. Serrano-Velázquez, C. Teutli-Solano, & M. Astorga-Domínguez. 2012. Historia, situación actual y perspectivas de la etnozooloía en México. *Etnobiología* 19:18-40.
- Ávila-Soriano, A. 1987. Algunos aspectos etnoherpetológicos de un municipio totonaco de la sierra norte de Puebla: Tepango de Rodríguez. Tesis Licenciatura, ENEP Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Los Reyes Iztacala, México, México.
- Bartra, R. 2011. Axolotiada. Vida y mito de un anfibio mexicano, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia/Fondo de Cultura Económica, Ciudad de México, México
- Burger, W.L. 1950. Novel aspects of the life history of two ambystomas. *Journal of the Tennessee Academy of Science* 25:252-257.
- Casas-Andreu, G., G. Cruz-Aviña & X. Aguilar-Miguel. 2004. Un regalo poco conocido de México al mundo: el ajolote o *axólotl*



- (*Ambystoma*: Caudata: Amphibia). Con algunas notas sobre la crítica situación de sus poblaciones. *Ciencia Ergo Sum* 10:304-308.
- Cairo, S.L., S.M. Zalba & A. J. Nebbia. 2010. Social representations about amphibians in natural grasslands of Argentina: their importance for conservation. *Interciencia* 35:891-896.
- Charbonneau-Lassay, L. 1997. El Bestiario De Cristo. Volumen 2. Editorial Herder, México D. F., México.
- De la Cruz, C.P. 2014. Para que los niños sepan y nos crean que un día aquí hubo agua. La desecación de la Laguna de los Baños y sus repercusiones en la cultura de los Mazahuas de Ixtlahuaca, estado de México (1960-2013). *Estudios de Cultura Otopame* 9:307-321.
- Enríquez-Vázquez, P., R. Mariaca-Méndez., O.G Retana-Guiascón & E.J. Naranjo-Piñera. 2006. Uso medicinal de la fauna silvestre en los Altos de Chiapas, México. *Interciencia* 31:491-499.
- Favila, H., B. Quintero & V. Barrera García. 2011. Del plato a la boca... el ajolote a la sopa una mirada al patrimonio cultural gastronómico. *Culinaria* 1:75-89.
- Flores-Villela, O. A. 1993. Breve historia de la herpetología en México. *Elementos* 18:11-21.
- Frost, D. R. 2019. Amphibian Species of the World: An Online Reference. Version 6.0 (March 2019). Electronic Database, American Museum of Natural History, New York, New York, USA.
- Gallardo, J.M. 1994. Anfibios y Reptiles. Relatos, leyendas, etimologías, usos y abusos. Biblioteca Mosaico. Buenos Aires, Argentina.
- Gómez-Baggethun, E. & V. Reyes-García. 2013. Reinterpreting change in traditional ecological knowledge. *Human Ecology: an Interdisciplinary Journal* 41:643-647.
- González, T.Y. 2001. Lo animal en la cosmovisión mexicana o mesoamericana. Pp. 23-51. En: T.Y. González (Ed.). *Animales y plantas en la cosmovisión mesoamericana*. Plaza y Valdés, Instituto Nacional de Antropología e Historia y Sociedad Mexicana para el Estudio de las Religiones. México D.F., México.
- González de la Fuente, O.D. 2016. Aproximación etnozoológica a los anfibios en tres comunidades nahuas del municipio de Acaxochitlán, Hidalgo. Tesis Profesional, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hidalgo, México.
- Guerrero-Ortiz, S. & O.G. Retana-Guiascón. 2012. Nota Científica: Uso medicinal de la fauna silvestre por indígenas Tlahuicas en Ocuilán, México. *Etnobiología* 10:28-33.
- Gutiérrez-Arzaluz, P. 1997. Almoloya del Río. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Monografía municipal. Gobierno del Estado de México/AMECROM. Toluca, México.
- Hernández-Pérez, E. 1997. La herpetofauna de Metztlán, Hidalgo, México. Problemática e importancia. Tesis Licenciatura, ENEP Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Los Reyes Iztacala, México, México.
- Hocking, D.J. & K.J. Babbitt. 2014 Amphibian Contributions to Ecosystem Services. *Herpetological Conservation and Biology* 9:1-17.
- INEGI. 2018. Clasificación de lenguas indígenas. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) e Instituto Nacional de Lenguas Indígenas (INALI), Ciudad de México, México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2001. Síntesis de información geográfica del Estado de México. Cap. 6 Hidrología pp:63-70. INEGI. Aguascalientes, México.
- Juárez-Guzmán, L. E. 2014. La etnobiología en México, una disciplina incompleta. *Ciencias* 111-112:70-78.
- Leyte-Manríquez, A., N. Gutiérrez-Álvarez & E.M. Hernández-Navarro. 2016. Percepción de la herpetofauna en tres comunidades rurales del municipio de Irapuato, Guanajuato, México. *Etnobiología* 14:73-84.
- Lizcano-Fernández, F. 2017. Estado de México: una regionalización con raíces históricas. Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto de Administración Pública del Estado de México, Consejo Editorial de la Administración Pública Estatal de la Secretaría de Educación del Gobierno del Estado de México. Toluca, México, México.
- Mellink, E., J. R. Aguirre-Rivera & E. García-Moya. 1986. Utilización de la fauna silvestre en el altiplano potosino-zacatecano. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México, México
- Milton, K. 1994. No Pain, No Game. *Natural History* September:44-51.



- Monroy, R. & A. García-Flores. 2013. La fauna silvestre con valor de uso en los huertos frutícolas tradicionales de la comunidad indígena de Xoxocotla, Morelos, México. *Etnobiología* 11:44-52.
- Navarijo-Ornelas, M. de L. 2012. Fauna, vocabulario y cultura entre los niños matlatzinca de San Francisco Oxtotilpan, Estado de México, México. *Estudios de Cultura Otompe* 8:193-236
- Neyra-González, L. 2009. Diversidad biológica y cultural del país. Cap. 1 pp: 19-24. En: CONABIO. Artesanías y Medio Ambiente. CONABIO. Ciudad de México, México.
- Orozco & M. Berra. 1864. Geografía de las lenguas y Carta etnográfica de México, Precedidas de un ensayo de clasificación de las mismas lenguas y de apuntes para las inmigraciones de las tribus. Imprenta de J. M. Andrade y F. Escalante, Ciudad de México, México.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas., R. Cruz-Elizalde., D. Berriozabal-Islas., D. Lara-Tufiño., I. Goyenechea-Mayer & J.M. Castillo-Cerón. 2014. Los anfibios y reptiles de Hidalgo, México: Diversidad, biogeografía y conservación. Sociedad Herpetológica Mexicana. Ciudad de México, México.
- Reyna-Rojas, M. A., A. García-Flores., E. E. Neri-Castro., A. Alagón-Cano & R. Monroy-Martínez. 2015. Conocimiento etnoherpetológico de dos comunidades aledañas a la Reserva Estatal Sierra de Montenegro, Morelos, México. *Etnobiología* 13:37-48.
- Rojas-Rabiela T. 1998. La cosecha del agua en la Cuenca de México. 2a ed. Historias CIESAS. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Ciudad de México, México.
- Rojas, T. & J.G. Pérez-Espinosa. 1998. La cosecha del agua en la Cuenca de México. La pesca en el medio lacustre y chinampero de San Luis Tlaxiátemalco. 2a ed. CIESAS. Ciudad de México, México.
- Sánchez-Núñez, E. 2006. Conocimiento tradicional mazahua de la herpetofauna: un estudio etnozoológico en la Reserva de la Biósfera mariposa monarca, México. *Estudios Sociales* 15:45-66.
- Santos-Fita, D., E.M. Costa-Neto, & E.J. Cano-Contreras. 2009. El quehacer de la etnozología. pp:23-44. En: Costa Neto E.M. (Ed.). *Manual de Etnozoología*. Tundra, Almenara, España.
- Santos-Fita, D., A. Arqueta-Villamar, M. Astorga-Domínguez & M. Quiñones-Martínez. 2012. La etnozología en México: La producción bibliográfica del siglo XXI (2000-2011). *Etnobiología* 10:41-51.
- Sistema de Información Cultural. 2018. Pueblos indígenas. https://sic.cultura.gob.mx/index.php?table=grupo_etnico [Consultado 30 de octubre 2018].
- Sugiura, Y. 1998. La caza, la pesca y la recolección. *Etnoarqueología del modo de subsistencia lacustre en las ciénagas del Alto Lerma*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- Sugiura, Y. & M. Serra. 1983. Notas sobre el modo de subsistencia lacustre. La Laguna de Santa Cruz Atizapan, Estado de México. *Anales de Antropología* 20:9-26.
- Teron R. & S.K. Borthakur. 2009. Traditional Knowledge relating to use of flora and fauna as indicators in predicting annual seasons among Karbi tribe of Assam. *Indian Journal of Traditional Knowledge* 8:518-524.
- UICN. 2023. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Versión 2018-1 . <https://www.iucnredlist.org>. Consultado el [28 de noviembre 2018].
- Uribe-Peña, Z., A. Ramírez-Bautista & G. Casas-Andreu. 1999. Anfibios y reptiles de las serranías del Distrito Federal, México. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. *Cuadernos* 32:1-119.
- Valadez-Azúa, R. & B. Rodríguez-Galicia. 2014. Uso de la fauna. Estudios arqueozoológicos y tendencias alimentarias en culturas prehispánicas en el centro de México. *Anales de Antropología* 48:139-166.
- Vallejo, J. R. & J. A. González. 2015. Los anfibios en la medicina popular española, la farmacopea de Plinio y el Dioscórides. *Historia, Ciências, Saúde-Manguinhos*, Río de Janeiro 22:1283-1319.
- Velarde-Mendoza, T. 2012. Importancia ecológica y cultural de una especie endémica de ajolote (*Ambystoma dumerilii*) en el lago de Pátzcuaro, Michoacán. *Etnobiología* 10:40-49.
- Ventura-Aquino, C. 2016. Cambios en la identidad cultural de San Pedro Tultepec y San Mateo Atenco Estado de México, en el contexto de la transformación territorial urbana. Tesis de Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.



Viesca-González, F.C., J.L. Flores-Somera, A.T. Romero-Contreras & M. Garduño-Mendoza. 2011. El impacto de la desecación de la laguna de Lerma en la gastronomía lacustre. *El Periplo Sustentable* 2:101-138.

Walston, L. J. & S. J. Mullin. 2008. Variation in amount of surrounding forest habitat influences the initial orientation of juvenile amphibians emigrating from breeding ponds. *Canadian Journal of Zoology* 86:141-146.



NUEVOS REGISTROS POR ATROPELLAMIENTO VEHICULAR PARA LA HERPETOFAUNA DEL MUNICIPIO DE RAFAEL DELGADO, VERACRUZ

NEW RECORDS FOR VEHICULAR ROADKILLS FOR THE HERPETOFAUNA OF THE MUNICIPALITY OF RAFAEL DELGADO, VERACRUZ

Juan Manuel Díaz-García¹*

¹Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta, Universidad Autónoma de Tlaxcala. Km 1.5 Carretera Tlaxcala-Puebla S/N, La Loma Xicoténcatl, C.P. 90070, Tlaxcala, Tlaxcala.

*Correspondence: juanm.diazgarcia@gmail.com

Received: 2023-11-12. Accepted: 2024-01-08. Published: 2024-06-27.

Editor: Uri Omar García Vázquez, México.

Abstract.– Vehicular roadkill of wildlife threatens global biodiversity. In Mexico, studies on the impact of road kill on amphibian and reptile species are limited compared to other countries. This note presents four new records of amphibian and reptile species in the municipality of Rafael Delgado, Veracruz, which come from individuals hit by motor vehicles. These new records increase the knowledge of the herpetofauna of Rafael Delgado, currently represented by 11 species of amphibians and nine reptiles.

Key words.– Cloud forest, Bufonidae, Dipsadidae, Sierra de Zongolica.

Resumen.– El atropellamiento de fauna silvestre por vehículos amenaza la biodiversidad global. En México, son reducidos los estudios sobre el impacto de los atropellamientos sobre las especies de anfibios y reptiles en comparación con otros países. En esta nota se presentan cuatro nuevos registros de especies de anfibios y reptiles en el municipio de Rafael Delgado, Veracruz, los cuales provienen de individuos atropellados por vehículos motorizados. Estos nuevos registros incrementan el conocimiento de la herpetofauna de Rafael Delgado, quedando representada actualmente por 11 especies de anfibios y 9 de reptiles.

Palabras clave.– Bosque de niebla, Bufonidae, Dipsadidae, Sierra de Zongolica.

El atropellamiento de fauna silvestre por vehículos amenaza la biodiversidad global. Su estudio ha incrementado a partir del 2004, pero está concentrado en países como Estados Unidos, Canadá, Australia, España y Brasil (Pagany, 2020). Entre los múltiples factores que influyen en las colisiones entre animales y vehículos motorizados están los niveles de tráfico vehicular (Gagnon et al., 2007), la velocidad y tamaño del vehículo (Litvaitis & Tash, 2008), la infraestructura de las carreteras (Pagany & Dorner, 2016), la temporada del año y las condiciones climáticas (Gunson et al., 2011), el comportamiento de los animales (Tajchman et al., 2017), y los tipos de uso de suelo adyacentes a las carreteras (Liu et al., 2018). Está bien documentado que estos y otros factores similares influyen en las tasas de atropellamientos de herpetofauna (Pagany, 2020). A partir de estudios realizados en animales atropellados por vehículos se han descubierto nuevas especies, también se han registrado nuevas poblaciones en lugares previamente desconocidos, y aportado información sobre la dinámica espacio-temporal de las especies (Schwartz et al., 2020).

En paisajes forestales de México, los reportes de herpetofauna atropellada por vehículos son escasos. Uno de los primeros estudios fue el de Morales-Mávil et al. (1997), quienes documentaron la mortalidad de 139 individuos atropellados de anfibios, principalmente de la especie *Rhinella horribilis*, y 166 individuos atropellados de reptiles, principalmente de las especies *Sceloporus teapensis* y *Boa imperator*. Loc-Barragán et al. (2017), registraron 11 especies de anfibios y 34 de reptiles atropelladas en una carretera en Nayarit. Las especies más atropelladas en este estudio fueron el sapo *Incilius mazatlanensis* y la serpiente *Lampropeltis polyzona*. En la Península de Yucatán se encontró que el número de especies atropelladas de anfibios y reptiles, así como su abundancia pueden ser mayores en carreteras fuera de Áreas Naturales Protegidas que dentro de las mismas (Nahuat-Cervera et al., 2021). En un paisaje de bosque de niebla de la Sierra Norte de Oaxaca se encontró un mayor número de anfibios atropellados en comparación con reptiles, principalmente en la temporada de lluvias (López-García, 2022).

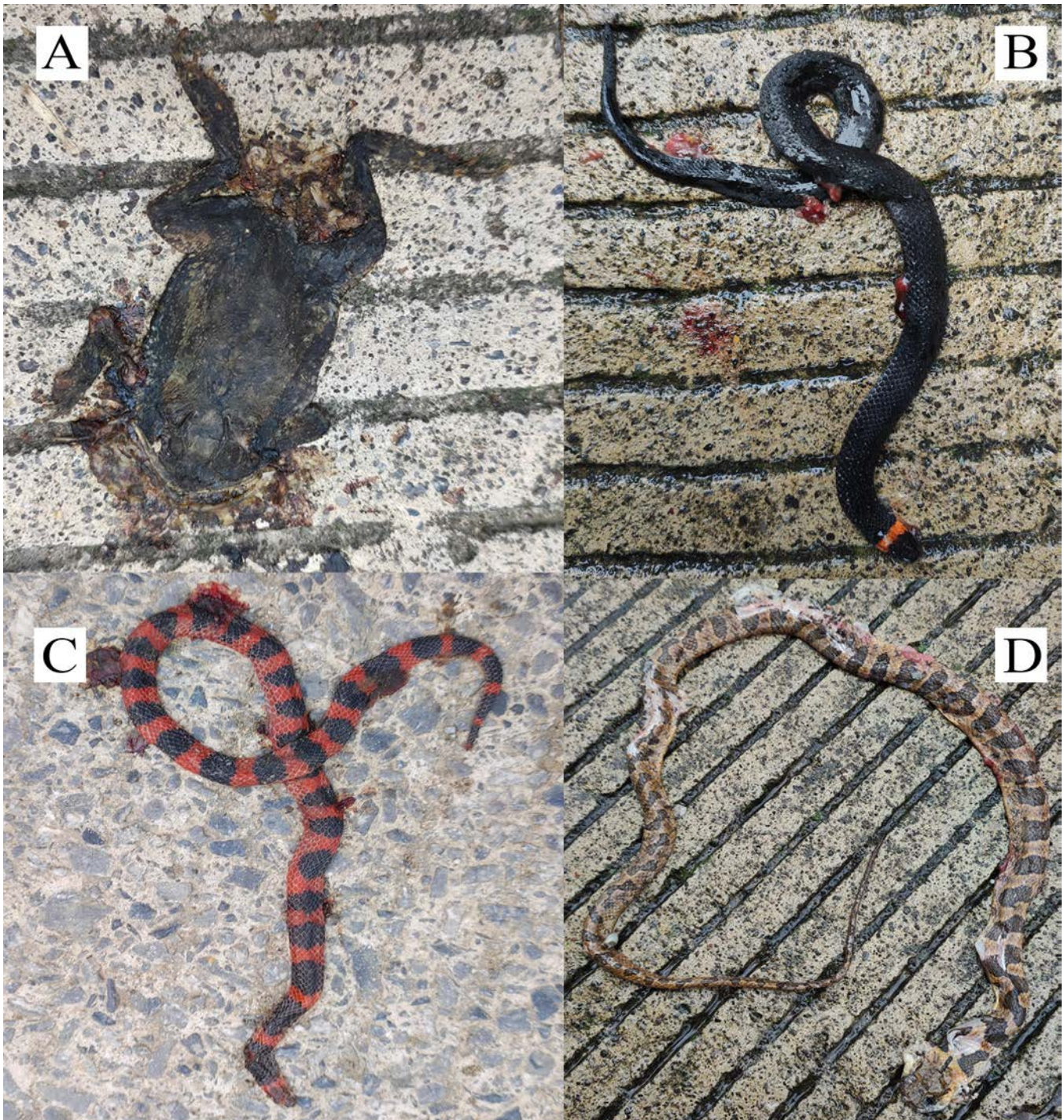


Figure 1. Roadkilled herpetofauna from the municipality of Rafael Delgado, Veracruz, Mexico: *Incilius valliceps* (A; LACM PC 3046), *Chersodromus liebmani* (B; LACM PC 3044), *Geophis semidoliatus* (C; LACM PC 3045), and *Leptodeira polysticta* (D; LACM PC 3043). Photos: J.M. Díaz García

Figura 1. Herpetofauna atropellada del municipio de Rafael Delgado, Veracruz, Mexico: *Incilius valliceps* (A; LACM PC 3046), *Chersodromus liebmani* (B; LACM PC 3044), *Geophis semidoliatus* (C; LACM PC 3045), y *Leptodeira polysticta* (D; LACM PC 3043). Fotos: J.M. Díaz García

Al norte de la Sierra de Zongolica, Veracruz se encuentra el municipio de Rafael Delgado. El conocimiento sobre las especies de anfibios y reptiles en este municipio incluye la presencia de 10 especies de anfibios (*Craugastor rhodopis*, *C. spatulatus*, *Hyalinobatrachium viridissimum*, *Rheohyla miotypanum*, *Ptychohyla zophodes*, *Bromeliophyla dendrocarta*, *Parvimolge townsendi*, *Pseudoeurycea werleri*, *P. granitum*, y *Thorius pennatulus*), y seis especies de reptiles (*Anolis laevis*, *A. schiedii*, *Sceloporus variabilis*, *Stenorrhina degenhardtii*, *Coniophanes fissidens*, y *Metlapilcoatlus nummifer*; Serna-Lagunes, 2005; Peralta-Hernández et al., 2020; Taval-Velázquez et al., 2020; Díaz-García et al., 2021)

En esta nota presentamos cuatro nuevos registros, a partir de individuos atropellados por vehículos, para la herpetofauna del municipio de Rafael Delgado, estado de Veracruz, México. Los registros se llevaron a cabo el 3 de junio de 2023 sobre la carretera Niños Héroes-Calle 13, al sureste de la cabecera municipal de Rafael Delgado. La carretera se encuentra en la barranca de Atlaco en la Sierra de Zongolica, en un paisaje de bosque de niebla, cultivos agrícolas y asentamientos humanos. Existen pequeños arroyos temporales paralelos a la carretera, y algunos manantiales que abastecen de agua a la población. Todos los individuos registrados fueron fotografiados. Las fotografías fueron depositadas en la colección digital del Natural History Museum of Los Angeles, California (LACM PC). La corroboración de las especies fue realizada por Víctor Vásquez Cruz.

Registros

Anfibios

Incilius valliceps (Wiegmann, 1833), también llamado Sapo costero. Se registró un individuo adulto (LACM PC 3046; Fig. 1A; 18.80722° N, 97.06446° O; WGS 84; 1,175 m s.n.m.). Este reporte se encuentra a 4 km al suroeste de la localidad más cercana conocida en el municipio de Ixtaczoquitlán, Veracruz (GBIF, 2023).

Reptiles

Chersodromus liebmanni (Reinhardt, 1861), conocida como Coralillo falso. Se registró un individuo juvenil (LACM PC 3044; Fig. 1B; 18.8055° N, 97.06262° O; WGS 84; 1,185 m s.n.m.). Este reporte se encuentra a ~5 km al noroeste de la localidad más cercana conocida en el Cerro Petlalcala, municipio de San Andrés Tenejapa, Veracruz (Kelly-Hernández, 2017).

Geophis semidoliatus (Duméril, Bibron & Duméril, 1854), llamada comúnmente Culebra minadora coralillo. Se registró un individuo adulto (LACM PC 3045; Fig. 1C; 18,81008° N, 97,06602°

O; WGS 84; 1,116 m s.n.m.). Este reporte se encuentra a ~5 km al noroeste de la localidad más cercana conocida en el Cerro Petlalcala, municipio de San Andrés Tenejapa, Veracruz (Kelly-Hernández, 2017).

Leptodeira polysticta (Kennicott, 1859), también conocida como Culebra ojo de gato. Se registró un individuo adulto (LACM PC 3043; Fig. 1D; 18.80411° N, 97.06164° O; WGS 84; 1,190 m s.n.m.). Este reporte se encuentra a ~5 km al noroeste de la localidad más cercana conocida en el Cerro Petlalcala, municipio de San Andrés Tenejapa, Veracruz (Kelly-Hernández, 2017).

Estos nuevos registros se añaden a los publicados previamente para el municipio de Rafael Delgado resultando en 11 especies de anfibios y 9 de reptiles reportadas en diferentes localidades del municipio (Serna-Lagunes, 2005; Peralta-Hernández et al., 2020; Taval-Velázquez et al., 2020). Esto incrementa el conocimiento sobre la distribución de las especies de la herpetofauna en la Sierra de Zongolica, que ha sido estudiada en otros municipios como San Andrés Tenejapan, Los Reyes, Tequila, Zongolica y Tezonapa (Kelly-Hernández, 2017; Cázares-Hernández et al., 2018; De la Torre-Loranca et al., 2020).

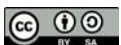
El tráfico en la carretera Niños Héroes-Calle 13 que une a Rafael Delgado y Tonalixco es reducido debido a que existe otra carretera más amplia que une a las mismas localidades, por donde pasan los vehículos de transporte público, comercial, y la mayoría de los vehículos particulares. Sin embargo, se encuentra en medio del bosque de niebla, hábitat idóneo para muchas especies de anfibios y reptiles de la región (Peralta-Hernández et al., 2020). Coincidiendo con la fecha de reportes de esta nota, la temporada más alta de atropellamientos de anfibios está reportada entre abril y julio, y para reptiles entre julio y septiembre en un paisaje de Los Tuxtlas, Veracruz, probablemente asociado a los períodos de actividad reproductiva de las especies (Morales-Mávil et al., 1997).

Chersodromus liebmanni y *G. semidoliatus* son especies endémicas a México, y la distribución de *C. liebmanni* es muy poco conocida (Canseco-Márquez et al., 2007; Ramírez-Bautista et al., 2013). Por lo que estos reportes confirman el valor de estudiar la fauna atropellada para incrementar el conocimiento de la biodiversidad en sitios poco explorados (Schwartz et al., 2020).

Acknowledgments.– A Neftalí Camacho por el registro de las fotografías en la colección digital del Natural History Museum of Los Angeles. A Víctor Vásquez Cruz por la corroboración en la identificación de las especies.

LITERATURA CITADA

- Canseco-Márquez, L., J.A. Campbell, P. Ponce-Campos, A. Muñoz-Alonso & A. García Aguayo. 2007. *Chersodromus liebmanni*, in IUCN Red List of threatened species. Version 2023-1. <http://www.iucnredlist.org> [Consultado en marzo 2024]
- Cázares-Hernández, E., E. Molohua-Tzitzihua, E.C. Méndez Quiahua, E. Quiahua-Colotl, I. Temoxtle-Marquez, J.C. Rodríguez-Merino & R. Apale-Pacheco. 2018. Tlaconetes. Los Hijos de la Tierra. Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Tepetitlanapa, Zongolica, Veracruz, México.
- De la Torre-Loranca, M.A., U. García, R.G. Martínez-Fuentes & L. Canseco-Márquez. 2020. New records of amphibians and reptiles from Sierra de Zongolica, Veracruz and Puebla, Mexico. *Herpetological Review* 54:550-553.
- Gagnon, J.W., T.C. Theimer, N.L. Dodd, A.L. Manzo & R.E. Schweinsburg. 2007. Effects of traffic on elk use of wildlife underpasses in Arizona. *Wildlife Management* 71:2324-2328.
- GBIF. 2023. *Incilius valliceps* (Wiegmann, 1833), in GBIF Backbone Taxonomy. Global Biodiversity Information Facility. Checklist dataset. <https://doi.org/10.15468/39omei> [Consultado en abril 2024].
- Gunson, K.E., G. Mountrakis & L.J. Quackenbush. 2011. Spatial wildlife-vehicle collision models: a review of current work and its application to transportation mitigation projects. *Journal of Environmental Management* 92:1074-1082.
- Kelly-Hernández, A. 2017. Actualización de la herpetofauna del Cerro Petlalcala, municipio de San Andrés Tenejapan, Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana México.
- Litvaitis, J.A. & J.P. Tash. 2008. An approach toward understanding wildlife-vehicle collisions. *Environmental Management* 42:688-697.
- Liu, Y., M. Nieuwenhuis & A. McCullagh. 2018. The effect of roadside land-use on the occurrence of deer vehicle collisions. *Irish Forestry* 75:19.
- Loc-Barragán J.A., D. Molina, E. Miramontes & G.A. Woolrich-Piña. 2017. Mortalidad por atropello vehicular de anfibios y reptiles en Nayarit, México. Memorias del V Congreso Nacional AICAR. San Miguel de Allende, Guanajuato, México.
- López-García, T., 2022. Identificación de zonas de atropellamiento de anfibios y reptiles nocturnos y su relación con variables ambientales en La Esperanza, Oaxaca. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad-Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional. México
- Morales-Mávil, J.E., J. Villa-Cañedo, S. Rodríguez & L. Morales. 1997. Mortalidad de vertebrados silvestres en una carretera asfaltada de la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México. *La Ciencia y El Hombre* 27:7-23.
- Nahuat-Cervera, P., A. González-Gallina, J. Cedeño-Vázquez & J. Avilés-Novelo. 2021. Atropellamiento de vertebrados en la carretera Kinchil - Celestún, Yucatán. Pp. 379-392. En J.A. Benítez & G. Escalona-Segura (Eds.), Impacto de las vías de comunicación sobre la fauna silvestre en áreas naturales protegidas: estudios de caso para el sureste de México. El Colegio de la Frontera Sur, Chetumal, Quintana Roo, México.
- Pagany, R. 2020. Wildlife-vehicle collisions - Influencing factors, data collection and research methods. *Biological Conservation* 251:108758.
- Pagany, R. & W. Dorner. 2016. Spatiotemporal analysis for wildlife-vehicle-collisions based on accident statistics of the county Straubing-Bogen in lower Bavaria. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 41: B8.
- Peralta-Hernández, R., G. Parra-Olea, A. López-Velázquez & M.G. García-Castillo. 2020. Amphibians and reptiles from cloud forest at Cumbre de Tonalixco in the central Veracruz highlands of Mexico. *Reptiles & Amphibians* 27:501-505.
- Ramírez-Bautista, A., C. Berriozabal-Islas, R. Cruz-Elizalde, U. Hernández-Salinas & L. Badillo-Saldaña. 2013. Rediscovery of the snake *Chersodromus rubriventris* (Squamata: Colubridae) in cloud forest of the Sierra Madre Oriental, México. *Western North American Naturalist* 73:392-398.
- Schwartz, A.L.W., F.M. Shilling & S.E. Perkins. 2020. The value of monitoring wildlife roadkill. *European Journal of Wildlife Research* 66:4.
- Serna-Lagunes, R. 2005. Demografía de una población de *Sceloporus variabilis* en la localidad de Omiquila, municipio de Rafael Delgado (Parque Nacional Cañón de Río Blanco), Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana. Córdoba, México.



Tajchman, K., A. Gawryluk, L. Drozd, P. Czyżowski, M. Karpiński & M. Goleman. 2017. Deer-vehicle collisions in Lubelskie region in Poland. *Applied Ecology and Environmental Research* 15:1485-1498.

Taval-Velázquez, L., J. Castillo Juárez, R. Peralta-Hernández & V. Vásquez Cruz. 2020. Geographic Distribution. *Thorius pennatulus* (Veracruz Pigmy Salamander). Mexico: Veracruz. *Herpetological Review* 51:531.



PREDATION OF *ASPIDOSCELIS GUTTATUS* (TEIIDAE) BY *OXYBELIS MICROPHTHALMUS* (COLUBRIDAE) IN AN URBAN ENVIRONMENT OF PUERTO ESCONDIDO, OAXACA, MEXICO

DEPREDACIÓN DE *ASPIDOSCELIS GUTTATUS* (TEIIDAE) POR *OXYBELIS MICROPHTHALMUS* (COLUBRIDAE) EN UN AMBIENTE URBANO DE PUERTO ESCONDIDO, OAXACA, MEXICO

Jesús García-Grajales¹ & Alejandra Buenroostro-Silva^{*}

¹Universidad del Mar campus Puerto Escondido. Km. 2.5, Carr. Federal Puerto Escondido-Sola de Vega, Puerto Escondido 71980, San Pedro Mixtepec, Oaxaca, México.

*Correspondence: alebsi@gmail.com

Received: 2024-04-05. Accepted: 2024-05-23. Published: 2024-06-27.

Editor: Ernesto Raya-García, México.

Resumen.— Registramos a una nueva presa para *Oxybelis microphthalmus*, con base en un espécimen adulto depredando a una lagartija macho de *Aspidoscelis guttatus*. Aunque se han reportado a tres especies de lagartijas del género *Aspidoscelis* como presas de *O. microphthalmus*, no encontramos información alguna relacionada con la depredación de esta especie de lagartija. Por tanto, nuestra observación representa el primer reporte de interacción entre *O. microphthalmus* y *A. guttatus* en un ambiente modificado por humanos.

Palabras clave.— Colubridae, dieta, interacciones, presa.

Abstract.— We record a new prey species for *Oxybelis microphthalmus*, based on an adult specimen preying on an adult male of *Aspidoscelis guttatus* lizard. Although three species of lizards in the genus *Aspidoscelis* have been reported as prey for *O. microphthalmus*, we did not find any information related to the predation of this lizard species. Therefore, our observation represents the first documented record of interactions between *O. microphthalmus* and *A. guttatus* in a human-modified environment.

Key words.— Colubridae, diet, interactions, prey.

Biotic interactions are relations established between at least two individuals from the same or different species. These interactions can result in individual benefiting, sustaining injuries, or nothing (Del Val & Boege, 2012). In general, most interactions between different species occur to obtain resources necessary for survival, which means one individual is food for the other. This interaction is commonly referred to as predation (Del Val & Boege, 2012). One biotic interaction that is particularly interesting can be observed in the feeding habits of arboreal snakes because their hunting strategies vary considerably between and within the different species due to differences in ontogeny and evolutionary history (Rojas-Morales et al., 2021).

Oxybelis microphthalmus is a large and thin snake in the *O. aeneus* complex that is primarily arboreal and diurnal (Köhler,

2008). Its distribution extends from 0 – 2,251 m a.s.l., from southeastern Arizona, USA to Oaxaca, Mexico (Jadin et al., 2019). It inhabits in a variety of vegetation types, including low deciduous forest, medium subperennifolia forest, subtropical scrubland, dry forest, riparian vegetation, and occasionally they penetrate the edge of oak forests (Quintero-Díaz & Carbajal-Márquez 2017; Jadin et al., 2020), as well as modified ecosystems (Köhler, 2008).

Oxybelis microphthalmus is an opistoglyphous snake (Keiser Jr., 1967; Argôlo, 2004) that spend most of their time on lower vegetation (Fraga et al., 2013), using a sit-and-wait ambush strategy to capture prey (Henderson, 1974, 1982). The diet of *O. aeneus* complex includes birds, small mammals, insects, fish, and amphibians (Sellmeijer & van der Bug, 2020). Until





Figura 1. Interacción del evento de depredación de *Oxybelis microphthalmus* sobre un macho adulto de *Aspidoscelis guttata* en el ambiente urbano de Puerto Escondido, Oaxaca. a) *Oxybelis microphthalmus* mordiendo a *A. guttata* por la cintura; b) *Aspidoscelis guttata* intentó liberarse mordiendo la parte de la nuca de *Oxybelis microphthalmus*; c) Hemipenes de la presa evertidos (Fotografías: Jesús García-Grajales).

Figure 1. Interaction of the predation event of *Oxybelis microphthalmus* on an adult male of *Aspidoscelis guttata* in the urban environment of Puerto Escondido, Oaxaca. a) *Oxybelis microphthalmus* biting *A. guttata* by the waist; b) *Aspidoscelis guttata* tried to free itself by biting the nuchal part of *Oxybelis microphthalmus*; c) Prey's hemipenes everted (Photographs: Jesús García-Grajales).

now, *O. microphthalmus* was known to consume lizards, such as *Aspidoscelis deppii* (Ramírez-Bautista et al., 2020), *A. communis* (Bucio-Jiménez & Flores-Loyola, 2021), and *A. gularis* (Carbajal-Márquez et al. 2022).

Here we record a new prey species for *O. microphthalmus*, based on an adult specimen preying on an adult male of *A. guttatus* on November 21, 2023 at 13:13 h, in the urban environment of Puerto Escondido, Oaxaca. This predation case was recorded near an access hall at the Universidad del Mar (15.53216° N, 97.04371° W). We observed and photographed the exact moment when *O. microphthalmus* captured a whiptail lizard biting it by the waist (Fig. 1a). Most of the snake body was hanging and hidden between the branches of a bugambile. The prey tried to free itself by biting the nuchal part of the snake (Fig. 1b); however, the snake began making mandibular movements to move its mouth towards the anterior portion of the lizard. After five minutes, *O. microphthalmus* began to move towards the top of the trees with the lizard still alive. We assumed it was waiting for the venom to take effect (Heyborne & Mackessy, 2021) before positioning the prey to be able to ingest it head first. According to Carbajal-Márquez et al. (2022), anteroposterior (head first) ingestion is the most common way to swallow prey by this snake species. As a result of the pressure of the bite on the waist, the prey's hemipenes were everted, thus it was possible to determine the individual's sex (Fig. 1c). The prey was identified based on the morphological characteristics seen in the pictures and previous sightings of this species in this area (García-Grajales et al., 2018). No additional data was collected so as not to interrupt the predation event.

As far we know, three species of lizards in the genus *Aspidoscelis* have been reported as prey for *O. microphthalmus*, but we did not find any information related to the predation of this lizard species. Which is why we consider this to be the first documented predation of *O. microphthalmus* on *A. guttatus*.

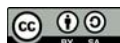
Observing snake's diet in the wild is valuable because predation events are rarely observed (Dias-Silva et al., 2021). Moreover, predators and their interactions with prey in urban environments are of special interest due to the low record of such interactions in man-modified environments (Fischer et al., 2012). Therefore, there are few documented cases of predation. In addition, *O. microphthalmus* is an arboreal species, which makes it rare to record of catching prey at ground level (Bucio-Jiménez & Flores-Loyola 2021). In Carbajal-Marquez et al. (2022) work, documents a case of *O. microphthalmus* preying on an adult male of *Aspidoscelis gularis* in Aguascalientes, Mexico. To our

knowledge, our observation represents the first documented record of interactions between *O. microphthalmus* and *A. guttatus* in a man-modified environment.

Acknowledgements.- We give thanks to Universidad del Mar (UMAR) for the logistic support. Special thanks to Quetzal Rodríguez (UMAR) for his revision and suggestions for our English manuscript. JGG thanks the Sistema Nacional de Investigadores (SNI) for its recognition and support. Finally, two reviewers made comments that helped to improve the present document.

CITED LITERATURE

- Argôlo, A.J.S. 2004. As serpentes dos Cacaiais do Sudeste da Bahia. Ilhéus, Bahia, Brasil.
- 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.
- Carbajal-Márquez, R.A., F. Chávez-Samayoá & J.J. Ayala-Rodríguez. 2022. *Oxybelis microphthalmus* (Thornscrub vine snake). *Diet. Herpetological Review* 53:700-701.
- Del Val, E. & K. Boege. 2012. *Ecología y evolución de las interacciones bióticas*. Fondo de Cultura Económica, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- Dias-Silva, F., C. Mattedi, R.C. Pontes & E.A. Pereira. 2021. Predation on the treefrog *Trachycephalus typhonius* (Linnaeus, 1758) by a vine snake (genus *Chironius*) in the Amazon rainforest of the northern Brazil. *Herpetology Notes* 14:379-382.
- Fischer, J. D., S. H. Cleeton, T. P. Lyons & J. R. Miller. 2012. Urbanization and the predation paradox: The role of trophic dynamics in structuring vertebrate communities. *BioScience* 62:809-818.
- Fraga, R., A. P. Lima, A.L.C. Prudente & W.E. Magnusson. 2013. *Guía de cobras de região de Manaus Amazônia Central*. Editora INPa. Manaus, Amazonas, Brasil.
- García-Grajales, J., B. Pineda-Ramos & A. Buenrostro-Silva. 2018. Diversidad herpetofaunística en ambiente urbano de la ciudad de Puerto Escondido, Oaxaca, México. *Revista de Biodiversidad Neotropical* 8:108-118.



- Henderson, R. W. 1974. Aspects of the ecology of the Neotropical vine snake, *Oxybelis aeneus* (Wagler). *Herpetologica* 30:19-24.
- Henderson, R.W. 1982. Trophic relationships and foraging strategies of some New World tree snakes (*Leptophis*, *Oxybelis*, *Uromacer*). *Amphibia-Reptilia* 3:71-80.
- Heyborne, W.H. & S.P. Mackessy. 2021. Venoms of the new world Vinesnakes (*Oxybelis aeneus* and *O. fulgidus*). *Toxicon* 190:22-30.
- Jadin, R., C. Blair, M.J., Jowers, A. Carmona, J.C., Murphy. 2019. Hiding in the lianas of the tree of life: Molecular phylogenetics and species delimitation reveal considerable cryptic diversity of New World Vine Snakes. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 134:61-65.
- Jadin, R., C. Blair, S.A., Orlofske, M.J. Jowers, G.A. Rivas, L.J. Vitt & 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 & Evolution* 20:723-746.
- Keiser Jr., E.D. 1967. A monographic study of the Neotropical vine snake, *Oxybelis aeneus* (Wagler). Unpublished PhD Dissertation. Louisiana State University. Baton Rouge, Louisiana. USA.
- Köhler, G. 2008. Reptiles of Central America. 2nd. Ed., Offenbach, Herpeton Verlag. Germany.
- Quintero-Díaz, G.E. & R.A. Carbajal-Márquez. 2017. *Oxybelis aeneus* (Wagler, 1824). Maximum elevation. *Mesoamerican Herpetology* 4:181-182.
- Ramírez-Ramírez, V.A., M. Martínez-Coronel & J. Ramírez-Ramírez. 2020. Predation by a Brown vinesnakes, *Oxybelis aeneus* (Colubridae), on a Black-bellied racerunner, *Aspidoscelis deppii* (Teiidae). *Reptiles and Amphibians* 27:101-102.
- Rojas-Morales, J., J. González, J. Cepeda-Duque, M. Marín-Martínez, R. Díaz-Ayala & T. Guedes. 2021. On delicate night hunters: observations of the feeding behaviour of *Imantodes cenchoa* (Linnaeus, 1758) and *Sibon nebulatus* (Linnaeus, 1758) through staged and natural encounters (Serpentes: Dipsadidae: Dipsadinae). *Herpetology Notes* 14:717-723.
- Sellmeijer, B. & M.P. van der Bug. 2020. Tadpole predation in the chemically defended *Oophaga pumilio* (Anura: Dendrobatidae) by *Oxybelis aeneus* (Squamata: Colubridae). *Herpetology Notes* 13:301-303.



UNA NUEVA PRESA DE LA SERPIENTE ÍNDIGO CENTROAMERICANA *DRYMARCHON MELANURUS* (COLUBRIDAE) EN OAXACA, MÉXICO

A NOVEL PREY ITEM OF THE CENTRAL AMERICAN INDIGO SNAKE *DRYMARCHON MELANURUS* (COLUBRIDAE) IN OAXACA, MÉXICO

Daniel Rueda Hernández^{1,*} & Sergio Barcenar Arriaga²

¹Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Libramiento Norte Poniente 1150, Colonia Lajas Maciel C. P 2903, México.

²Av. Universidad C.P. 62209, Cuernavaca, Morelos, México.

*Correspondence: ruedadanielo8@gmail.com

Received: 2024-01-07. Accepted: 2024-05-08. Published: 2024-06-27.

Editor: Carlos Alberto Hernández Jiménez, México.

Abstract.– We review the stomach content of a roadkill adult specimen of the Central American indigo snake *Drymarchon melanurus*, in the municipality of Santa María Huatulco, Oaxaca, México. We report for the first time the snake *Trimorphodon biscutatus* as part of the diet of the Central American indigo snake *D. melanurus*.

keywords.– Natural history, predation, stomach contents, snakes

Resumen.– Se revisó el contenido estomacal de un ejemplar adulto atropellado de la serpiente índigo centroamericana *Drymarchon melanurus*, en el municipio de Santa María Huatulco, Oaxaca, México. Se reporta por primera vez a la serpiente *Trimorphodon biscutatus* como parte de la dieta de la serpiente índigo centroamericana *D. melanurus*.

Palabras clave.– Historia natural, depredación, contenido estomacal, serpientes.

Drymarchon melanurus es un colúbrido de cuerpo robusto que puede alcanzar tallas de hasta 295 cm de longitud total (Duellman, 1963). Se distribuye desde el sur de Texas (Estados Unidos) en la vertiente del Atlántico, y el sur de Sonora (México) en la vertiente del Pacífico, continuando por el noroeste, oeste y sur de México, Centroamérica, hasta Venezuela, Ecuador y Perú (Wüster et al., 2001).

Es una especie principalmente de hábitos terrestres y diurnos, su hábitat se encuentra comprendido por formaciones vegetales: bosque seco montano bajo, bosque húmedo montano bajo y bosque muy húmedo montano bajo (Cañadas, 1983). Por otro lado, su dieta es considerada generalista y oportunista, se compone de peces, anfibios, lagartos, y serpientes, incluidas especies venenosas e individuos de su propia especie (Campbell, 1998; Hernández et al., 2013), también se alimentan de pequeños mamíferos como roedores, pájaros, huevos de aves y huevos de reptiles (Heimes, 2016).

Con base en registros previos, las serpientes que forman parte de la dieta de *D. melanurus* son: *Boa imperator*, *Leptophis mexicanus* (Marrón & Francín, 2021), *Metlapilcoatlus mexicanus* (Duellman, 1963), *Drymobius margaritiferus* (McCranie, 2011), *Masticophis mentovarius* (Hardy & McDiarmid, 1969), *Masticophis bilineatus* (Hardy & McDiarmid, 1969), *Mastigodryas pleii* (Daza-R., 2005), *Salvadora grahamiae* (Montoya-Ferrer et al., 2020), *Spilotes pullatus* (Oakley & Theodorou, 2020), *Adelphicos quadrivirgatus* (Greene, 1975), *Pliocercus sp.* (Stuart, 1948), *Sibon nebulatus* (Luja & Loc-Barragán, 2022), *Manolepis putnami* (Luja & Loc-Barragán, 2022), *Thamnophis proximus* (Hernández-Juárez, 2021), *Micrurus dumerilii* (Zúñiga-Baos & Vera-Pérez, 2020), *Bothrops asper* (Solórzano & Sasa, 2020), *Crotalus atrox* (Swanson et al., 2015), *Crotalus simus* (Neri-Castro et al., 2012), *Metlapilcoatlus occiduus* (García-Padilla, 2015).

El 23 de enero de 2022, a las 22:56 h, se encontró un ejemplar adulto de *D. melanurus* (195 cm de longitud total) atropellado





Figura 1. Ejemplar de *Drymarchon melanurus* (195 cm de longitud total) atropellado sobre la carretera.

Figure 1. *Drymarchon melanurus* specimen (195 cm total length) run over on the road.

sobre el Boulevard Tangolunda, entre la Carreta Federal 200 y Boulevard Benito Juárez (Fig. 1), en el municipio de Santa María Huatulco, Oaxaca, México (15.7828834° N, 96.1110208° W; Datum WGS 84; 19 m s.n.m.), donde el ecosistema predominante es bosque tropical caducifolio. Al individuo se le realizó una incisión ventral para examinar el contenido estomacal, extrayendo de su interior un ejemplar de *Trimorphodon biscutatus* en un proceso de digestión ya avanzado. (Figs. 2 y 3). No se colectó material biológico, solo se tomaron fotografías, las cuales fueron depositadas en la colección digital de la Universidad de Texas en Arlington, con número de registro UTADC 9753a, UTADC 9753b y UTADC 9753. El manejo del ejemplar se realizó bajo el permiso SGPA/DGVS/07321/21, otorgado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

La identificación de la especie se realizó observando algunos patrones característicos en los restos de *T. biscutatus*: manchas oscuras primarias (región dorsal del cuerpo) en forma de la

letra “H” junto a unas marcas más pequeñas difusas, todas ellas dispuestas sobre un fondo del color café claro con tonos naranja, y con una longitud total aproximada de 50 cm. Aunado a esto, la única especie del género *Trimorphodon* que se distribuye en las costas de Oaxaca es *T. biscutatus* (Devitt et al., 2008).

Considerando que *T. biscutatus* es preferentemente de hábito nocturno y *D. melanurus* de hábito diurno, las condiciones ambientales específicas requeridas para que suceda este evento predatorio que implica la capacidad ofiafagia podrían considerarse bajas. Con este registro se incrementa el número de especies de serpientes que forman parte de la dieta de *D. melanurus*, y se adiciona un depredador potencial más para la especie *T. biscutatus*, esta información es relevante para la historia natural de ambas especies.

Agradecimientos.- Agradecimientos al Comité de atención a fauna silvestre Huatulco por la orientación y la coordinación



Figura 2. Incisión ventral del ejemplar atropellado de *Drymarchon melanurus*.
Figure 2. Ventral incision of the roadkill specimen of *Drymarchon melanurus*.



Figura 3. *Trimorphodon biscutatus* con una longitud aproximada de 50 cm, en un proceso de digestión ya avanzado.
Figure 3. *Trimorphodon biscutatus* with an approximate length of 50 cm, in an already advanced digestion process.

en el reporte del organismo reportado. A los revisores por sus comentarios y sugerencias de los que el manuscrito se benefició enormemente.

LITERATURA CITADA

- Cañadas, L. 1983. El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería- RONAREG, Banco Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Campbell, J.A. 1998. Amphibians and Reptiles of Northern Guatemala, de Yucatan, and Belize. University of Oklahoma Press, Norman, Oklahoma, USA.
- Daza-R., J.M. 2005. *Drymarchon corais melanurus* (Indigo Snake). Diet. Herpetological Review 36:457.
- Devitt, T.J., T.J. LaDuc & J.A. McGuire. 2008. The *Trimorphodon biscutatus* (Squamata: Colubridae) species complex revisited: a multivariate statistical analysis of geographic variation. Copeia 2008:370-387.
- Duellman, W.E. 1963. Amphibians and reptiles of the rainforests of southern El Petén, Guatemala. University of Kansas publications, Museum of Natural History, Lawrence, Kansas, USA.
- García-Padilla, E. 2015. Predation event and distributional record for *Atropoides occiduus* (Hoge, 1966). Mesoamerican Herpetology 2:376-377.
- Greene, H.W. 1975. Ecological observations on the red coffee snake, *Ninia sebae*, in southern Veracruz, Mexico. American Midland Naturalist 93:478-484.
- Hardy, L.M. & R.W. McDiarmid. 1969. The amphibians and reptiles of Sinaloa, Mexico. University of Kansas Publications, Museum of Natural History, Lawrence, Kansas, USA.
- Heimes, P. 2016. Herpetofauna Mexicana: Snakes of Mexico. Edition Chimaira. Frankfurt, Alemania.
- Hernández-Juárez, E.E., M.E. Solís-Barajas, M.A. Rivera-Arias, J.A. Salas-García, D. Lazcano, D. Cruz-Sáenz & L.D. Wilson. 2021. Predation by a Central American Indigo Snake (*Drymarchon melanurus*) on a Western Ribbonsnake (*Thamnophis proximus*) in the municipality of Juárez, Nuevo León, México. Bulletin of the Chicago Herpetological Society 56:1-3.
- Lemos-Espinal, J.A., G.R. Smith & A. Cruz. 2018. Amphibians and reptiles of Nuevo León, Mexico. ECO Herpetological Edition and Distribution. Rodeo, New Mexico, USA.
- Luja, V.H. & A.J. Loc-Barrágan. 2022. *Drymarchon melanurus* (Central American indigo snake). Diet. Herpetológica 53:146-147.
- Marrón, T.W. & V.M. Francín. 2021. Snakes on the menu: an attempt at predation by a Central American indigo snake (*Drymarchon melanurus*) on a Central American Boa (*Boa imperator*) and remains of a snake Mexican parrot (*Leptophis mexicanus*) identified in feces on Utila Island. Reptiles y Anfibios 28:229-233.
- McCranie, J.R. 2011. The Snakes of Honduras: Systematics, Distribution, and Conservation. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Ithaca, New York, USA.
- Montoya-Ferrer, D., D. Lazcano, M.E. Solís-Barajas & L.D. Wilson. 2020. *Drymarchon melanurus* (Central American Indigo Snake). Diet. Herpetological Review 51:863.
- Neri-Castro, E.E., C.A. Montalban-Huidobro & S. Aréchaga-Ocampo. 2012. *Drymarchon melanurus* (Central American Indigo Snake). Diet. Herpetological Review 43:659.
- Oakley, J. & A. Theodorou. 2020. A failed predation attempt by a Central American Indigo Snake (*Drymarchon melanurus*) on a Tiger Ratsnake (*Spilotes pullatus*) in Campeche, Mexico. Reptiles & Amphibians 27:494-495.
- Solórzano, A. & M. Sasa. 2020. *Drymarchon melanurus* (Central American Indigo Snake). Diet. Herpetological Review 51:864-865.
- Stuart, L.C. 1948. The amphibians and reptiles of Alta Verapaz, Guatemala. Miscellaneous Publications, University of Michigan, Museum of Zoology 69:1-109.
- Sunyer, J. & R. Leonardi. 2015. *Drymarchon melanurus* (Central American Indigo Snake). Diet. Herpetological Review 46:103
- Swanson, R.L., T.R. Simpson, & S. LeClair. 2015. *Drymarchon melanurus erebennus* (Texas Indigo Snake). Diet/scavenging. Herpetological Review 46:272.
- Thomas, J.D., J.L. Travis & A.M. Jimmy 2007. The *Trimorphodon biscutatus* species complex (Squamata: Colubridae) Revisited: A multivariate statistical analysis of geographic variation. American Society of Ichthyologists and Herpetologists 371-383.



Vásquez-Cruz, V. & A. Fuentes-Minor. 2018. *Drymarchon melanurus* (Central American indigo snake). Diet. Herpetological Review 49:545-546.

Zúñiga-Baos, J. & L. Vera-Pérez. 2020. *Drymarchon melanurus* (Central American Indigo Snake). Diet. Herpetological Review 51:864.

Wüster, W., J.L. Yrausquin & A. Mijares-Urrutia. 2001. A new species of indigo snake from north-western Venezuela (Serpentes: Colubridae: *Drymarchon*). Herpetological Journal 11:157-166.

