



REVISTA
LATINOAMERICANA
DE HERPETOLOGÍA

ANFIBIOS Y REPTILES: DIVERSIDAD E HISTORIA NATURAL
VOLUMEN 05 NÚMERO 01 ENERO-MARZO 2022 ISSN: 2594-2158





REVISTA
LATINOAMERICANA
DE HERPETOLOGÍA

Es una publicación con el apoyo de



SOCIEDAD
HERPETOLOGICA
MEXICANA
ASOCIACIÓN CIVIL

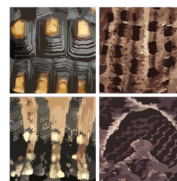


AICAR

Asociación para la Investigación y
Conservación de Anfibios y Reptiles A.C.



Asociación Herpetológica Argentina

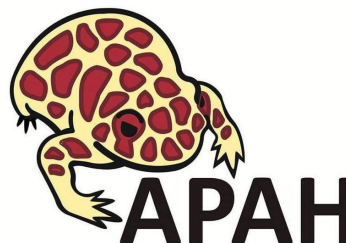


SBH

SOCIEDADE BRASILEIRA DE
HERPETOLOGIA



RECH Asociación
Red Chilena
de Herpetología



Asociación Paraguaya de Herpetología

Revista Latinoamericana de Herpetología, año 5, no.1, enero-marzo 2022, 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.fcencias.unam.mx/index.php/revista>, tel. (55) 56224800 ext. 44724, revista.latin.herpetologia@gmail.com, Editor responsable: Leticia Margarita Ochoa Ochoa. Reserva de derechos al Uso Exclusivo No. 04-2018-100215505800-203 ISSN: 2594-2158, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Departamento de Biología Evolutiva, Leticia Margarita Ochoa Ochoa, Facultad de Ciencias, UNAM, Ciudad Universitaria, Coyoacán, C.P. 04510, fecha de última modificación, 30/noviembre /2018.

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

CONSEJO EDITORIAL

Editor-en-Jefe

Leticia M. Ochoa Ochoa (México)

Editoras Adjuntas

Antonieta Labra Lillo (Chile)

Adriana Manzano (Argentina)

Francisco Brusquetti (Paraguay)
Juan Manuel Guayasamin (Ecuador)
Oscar A. Flores Villela (México)
Rodrigo Macip Ríos (México)
Marcio Martins (Brasil)
Felipe Rabanal (Chile)
Mauricio Rivera-Correa (Colombia)
Rafael O. de Sá (U.S.A.)

English style corrector

Brett Butler (México)

Diseño editorial

Andrea Vargas Fernández (México)

Miguel Chacón Tapia (México)

Leticia M. Ochoa Ochoa (México)

ISSN: 2594-2158 Volumen 05, Número 01, Enero-Marzo 2022

Foto de portada: *Isthmura bellii*, Ajusco, Ciudad de México, México.

Agosto, 2021.,

por: Leonardo Ponce Rosales,

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

Contacto: revista.latin.herpetologia@gmail.com

COMITÉ EDITORIAL 2021-2023

Editores asociados

Katyuscia Araujo-Viera (Brasil)
Pier Cacciali (Paraguay)
Alessandro Catenazzi (Perú)
Thaís Condez (Brasil)
Marissa Fabrezi (Argentina)
Armando H. Escobedo Galván (México)
Andrés R. Acosta Galvis (Colombia)
Adrián García Rodríguez (Costa Rica)
Uri Omar García Vázquez (México)
Irene Goyenechea Mayer Goyenechea (México)
Rafael Lara Resendiz (México)
Adrián Leyte Manrique (México)
Marco Antonio López Luna (México)
Mariana L. Lyra (Brasil)
Ricardo Itzcóatl Maldonado Reséndiz (México)
Rosario Mata López (México)
Nancy R. Mejía Domínguez (México)
Jorge E. Morales Mávil (México)
Norberto Martínez Méndez (México)
César A. Ríos Muñoz (México)
Carlos Navas (Brasil)
Irerí Suazo Ortuño (México)
Vivian Páez (Colombia)
Nicolás Pelegrin (Argentina)
Andrea Paz (Colombia)
Maria Laura Ponssa (Argentina)
Sean Rovito (México)
Marco A. Suárez Atilano (México)
Jenny C. Urbina (Colombia)
Anyelet Valencia-Aguilar (Colombia)
Julián Andrés Velasco Vinasco (México)
Nelson Velásquez (Chile)



revistas
unam

Portal de revistas académicas
y arbitradas de la UNAM



LA REVISTA LATINOAMERICANA DE HERPETOLOGÍA ESTÁ INDEXADA EN [SCOPUS](#), [LATINDEX 2.0](#), [SCIELO-MÉXICO](#) Y TAMBIÉN PERTENECE AL [CATÁLOGO DE REVISTAS](#) DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CONTENIDO

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

HOW MANY SPECIES OF RATTLESNAKES ARE THERE IN THE *CROTALUS DURISSUS* SPECIES GROUP (SERPENTES: CROTALIDAE)? **43**
JACOBO REYES-VELASCO, CHRISTIAN L. COX, JASON M. JONES, MIGUEL BORJA & JONATHAN A. CAMPBELL

GENÉTICA, BIOACÚSTICA Y MORFOLOGÍA REVELAN UNA NUEVA ESPECIE OCULTA EN *PRISTIMANTIS DORSOPICTUS* (ANURA: STRABOMANTIDAE) **60**
ELIZA PATIÑO-OCAMPO, SEBASTIÁN DUARTE-MARÍN & MAURICIO RIVERA-CORREA

CONFIRMACIÓN Y NUEVOS REGISTROS DE HERPETOFAUNA PARA QUERÉTARO, MÉXICO A TRAVÉS DE UN PORTAL DE CIENCIA CIUDADANA **142**
MAURICIO TEPOS-RAMÍREZ, CRISTHIAN A. PERALTA-ROBLES, OSCAR R. GARCÍA-RUBIO, ALISON K. SALINAS OLGUÍN, RAÚL HERNÁNDEZ ÁRCIGA, RICARDO CERVANTES JIMÉNEZ & FÁTIMA S. GARDUÑO-FONSECA

LA PLATAFORMA NATURALISTA COMO HERRAMIENTA DE CIENCIA CIUDADANA PARA DOCUMENTAR LA DIVERSIDAD DE ANFIBIOS EN EL ESTADO DE SINALOA, MÉXICO **156**
HÉCTOR ALEXIS CASTRO-BASTIDAS & JOSÉ MANUEL SERRANO-SERRANO

TERRESTRIAL AMPHIBIANS INHABITING AN URBAN XERIC ECOSYSTEM: AN ASSESSMENT OF FROGS AND SALAMANDERS IN PROTECTED AREAS FROM MEXICO CITY **179**
JOSÉ M. SERRANO-SERRANO, ADRIANA SANDOVAL-COMTE, GLORIA TAPIA-RAMÍREZ, MARÍA JOSÉ MONTEVERDE & FLOR VÁZQUEZ-CORZAS

NOTAS CIENTÍFICAS

SCELOPORUS GRAMMICUS (SQUAMATA: PHRYNOSOMATIDAE), NUEVA ESPECIE PRESA EN LA DIETA DE *LAMPROPELTIS POLYZONA* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) **9**
JOSÉ E. PIÑANGO-BUSTAMANTE, OSCAR CID-MORA & VÍCTOR VÁSQUEZ-CRUZ

INTENTO DE DEPREDACIÓN DE LA SERPIENTE *DRYMARCHON MELANURUS* SOBRE LA TORTUGA *GOPHERUS EVGOODEI* **13**
RAFAEL A. LARA-RESENDIZ & ROSARIO JORGE SAUCEDA-NIEBLAS

LISTA ACTUAL DE ANOMALÍAS MORFOLÓGICAS EN ANFIBIOS MEXICANOS, CON DOS CASOS NUEVOS EN

EL CENTRO-OESTE DEL ESTADO DE VERACRUZ..... **15**
DANIA GUADALUPE VENEROZO-TLAZALO, VÍCTOR VÁSQUEZ-CRUZ, DIDIER MEDINA-NOGUEIRA & JOSÉ ALEJANDRO DE LA ROSA-PÉREZ

REPORT OF AGGREGATION BEHAVIOR IN *ERYTHROLAMPRUS POECILOGYRUS CAESIUS* (COPE, 1862) (SERPENTES: DIPSADIDAE) IN THE DRY CHACO **25**
HUGO CABRAL, JUAN F. C. CARRILLO, DIANA CORONEL-BEJARANO, ANDREA CABALLERO-GINI & DIEGO JOSÉ SANTANA

FIRST RECORDS OF REPRODUCTIVE CHARACTERISTICS FOR THE PATAGONIAN LIZARD, *LIOLAEMUS XANTHOVIRIDIS* (IGUANIA: LIOLAEMIDAE) **31**
PAULA C. ESCUDERO, MARÍA A. GONZÁLEZ MARÍN & LUCIANO J. AVILA

LÍMITE DE ELEVACIÓN DE LA SALAMANDRA *ISTHMURA BELLII* (GREY, 1850) EN MÉXICO **36**
LEONARDO PONCE-ROSALES, OSWALDO HERNÁNDEZ-GALLEGOS, OMAR RANGEL-TORRES & JESSICA JASO-MARTÍNEZ

DIET AND FEEDING BEHAVIOR OF THE MUSSURANA (*CLELIA CLELIA*, SERPENTES: DIPSADIDAE) IN COSTA RICA: REPORT OF FIVE CASES **39**
ALEJANDRO SOLÓRZANO & MAHMOOD SASA

EVENTO DE DEPREDACIÓN EN *TRACHYCEPHALUS VERMICULATUS* (ANURA: HYLIDAE) POR *LEPTOPHIS AHAETULLA* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) EN LA PROVINCIA DE COCLÉ, REPÚBLICA DE PANAMÁ .. **56**
JANICK J. HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ & NELSON E. GUEVARA-ÁLVARADO

THE OCCURRENCE OF THE MILK FROG *TRACHYCEPHALUS TYPHONIUS* (AMPHIBIA: HYLIDAE) IN THE CENTRAL VALLEY OF COSTA RICA **91**
JOSÉ M. MORA, MIGUEL A. RODRÍGUEZ, GERARDO CHAVES & LUCÍA I. LOPEZ

PRIMER REPORTE DE AMELANISMO EN *AMBYSTOMA VELASCI* DUGÈS, 1888 (CAUDATA: AMBYSTOMATIDAE) DEL CENTRO DE MÉXICO **98**
LUIS FERNANDO DEL MORAL-FLORES, JORGE PÉREZ-DÍAZ, EDUARDO LÓPEZ-SEGOVIA & TAO HERNÁNDEZ-ARELLANO

NUEVOS REGISTROS DE LA SERPIENTE *ENULIUS OLIGOSTICHUS* EN SINALOA Y COMENTARIOS SOBRE SU DISTRIBUCIÓN **101**
RAFAEL A. LARA-RESENDIZ & JOSÉ DAVID JACOBO GONZÁLEZ

NUEVO REGISTRO DE *PSEUDOEURYCEA LINEOLA* EN UN ÁREA PROTEGIDA PERIURBANA Y CONFIRMACIÓN DE LA ESPECIE EN XALAPA, VERACRUZ, MÉXICO **105**
ADRIANA SANDOVAL-COMTE, FLOR G. VÁZQUEZ-CORZAS & EDUARDO PINEDA

NOTES ON GEOGRAPHIC DISTRIBUTION, ADVERTISEMENT CALL AND HABITAT OF THE STARRETT'S TREE FROG *ISTHMOHYLA TICA* (HYLIDAE) IN THE ZONA DE LOS SANTOS, COSTA RICA **112**
ESTEBAN HIDALGO-MORA, JONATHAN NAVARRO-PICADO & JUAN G. ABARCA

DEPREDACIÓN DE LA COMADREJA COLA LARGA (*MUSTELA FRENATA* LICHTENSTEIN, 1831) POR LA SERPIENTE MAZACUATA (*BOA IMPERATOR* DAUDIN, 1803) EN EL SURESTE DE MÉXICO **121**
ALVARO MONTER-POZOS & JULIO C. HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ

PRIMER REGISTRO DE ALBINISMO EN LA CULEBRA NARIZ DE PALA *CONOPSIS NASUS* (COLUBRIDAE) **124**
CHRISTIAN BERRIOZABAL-ISLAS, AURELIO RAMÍREZ-BAUTISTA, JOSÉ D. LARA-TUFIÑO, IRIS A. NAVA-JIMÉNEZ & ROBERTO ARELLANO-PICACHO

PREDATION EVENT OF MILK FROG *TRACHYCEPHALUS TYPHONIUS* (ANURA: HYLIDAE) ON A COMMON HOUSE GECKO *HEMIDACTYLUS FRENATUS* (SQUAMATA: GEKKONIDAE) **127**
PABLO MARÍN & JOSÉ M. MORA

STIFF-LEGGED BEHAVIOR IN THE RIVERO'S TOAD, *RHINELLA HUMBOLDTI* (GALLARDO, 1965) (AMPHIBIA, ANURA, BUFONIDAE) **136**
JULIÁN A. ROJAS-MORALES

HEAD-HIDING IN *XENOPHOLIS UNDULATUS* (DIPSADIDAE) IN CENTRAL BRAZIL **194**
AFONSO S. OLIVEIRA MENESES, MATEUS DE ALENCAR RAMOS FERNANDES, ANTÔNIO G. TORRES CARDOSO & REUBER ALBUQUERQUE BRANDÃO

NOTAS SOBRE UN SAPO MOMIFICADO Y EL IMPACTO DE LA URBANIZACIÓN EN UNA POBLACION DE SAPOS DE CAÑA (*RHINELLA HORRIBILIS*) EN IGNACIO ROMERO VARGAS, MUNICIPIO DE PUEBLA, MÉXICO... .. **197**
JORGE A. HERRERA-FLORES¹ & MARÍA FELICITAS ROJAS-CORTES²

APORTE AL CONOCIMIENTO DEL ÁMBITO GEOGRÁFICO DE LA SALAMANDRA *CHIROPTEROTRITON CERONORUM* **202**
JOSÉ AGUILAR LÓPEZ, EDUARDO PINEDA & PAULINA GARCÍA-BAÑUELOS

THE FIRST RECORD OF A VERTEBRATE IN THE DIET OF THE GENUS *GEOPHIS* **206**
STEPHANÍA ARTEAGA-GARCÍA, ANTONIO ESAÚ VALDENEGRO-BRITO & URI OMAR GARCÍA-VÁZQUEZ

NEST DEFENSIVE BEHAVIOR BY A MALE OF *PHYSALAEMUS ATLANTICUS* HADDAD & SAZIMA 2004 (ANURA: LEPTODACTYLIDAE) **208**
THIAGO SILVA-SOARES, AMANDA DEL MAESTRO, STEPHANIE ARAUJO, LUIZ NORBERTO WEBER & ERIKA MARQUES SANTANA

NOTAS DE DISTRIBUCIÓN

NUEVOS REGISTROS DE DISTRIBUCIÓN DE TANTILLA CALAMARINA (SQUAMATA: COLUBRIDAE) PARA EL ESTADO DE JALISCO, MÉXICO **6**
IVÁN TRINIDAD AHUMADA-CARRILLO, CHRISTOPH I. GRÜNWARD, JACOBO REYES-VELASCO & JASON M. JONES

A NEW GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION RECORD FOR *ANOLIS ARENAL* KÖHLER & VARGAS, 2019 (SQUAMATA: DACTYLOIDAE) IN COSTA RICA **11**
EZEQUIEL VALVERDE & JUAN G. ABARCA

NEW ALTITUDINAL RECORD OF *HELODERMA HORRIDUM* (WIEGMANN, 1829) (SQUAMATA: HELODERMATIDAE) **22**
DIEGO M. ARENAS-MORENO, ADÁN BAUTISTA-DEL MORAL & DAVID A. BRINDIS-BADILLO

FIRST VERIFIED RECORD OF *THAMNOPHIS VALIDUS* (SQUAMATA: NATRICIDAE) FROM OAXACA, MEXICO... .. **109**
RODRIGO ARRAZOLA-BOHÓRQUEZ & RICARDO PALACIOS-AGUILAR

CROTALUS INTERMEDIUS (VIPERIDAE) **133**
LUCERO HIDALGO-GARCÍA, LEONARDO FERNÁNDEZ-BADILLO, DIANA DEL CAMPO-HERNÁNDEZ, JESSICA DANIELA OCAÑA-FALCÓN, MARIO HERNÁNDEZ-MEDINA, IRMA JIMÉNEZ-ORTÍZ¹, ARMANDO FALFÁN CORTÉS & NALLELY MORALES-CAPELLÁN

NUEVO REGISTRO DE *ANELYTROPSIS PAPILLOSUS* COPE, 1885 (SQUAMATA: DIBAMIDAE) PARA EL MUNICIPIO DE COMAPA, EN EL CENTRO-OESTE DE VERACRUZ, MÉXICO **139**
JOSÉ A. MONTIEL-VERANZA, VÍCTOR VÁSQUEZ-CRUZ & IRVING MORALES-LEAL

TRETANORHINUS NIGROLUTEUS (SQUAMATA: DIPSADIDAE) **151**
ÁLVARO A. ZAMORA-RODA, CHRISTIAN G. HERRERA-MARTÍNEZ & JAVIER E. CORTÉS-SUÁREZ

AGKISTRODON TAYLORI (SQUAMATA: VIPERIDAE) **154**
JESÚS ALEJANDRO ORTIZ-ORTIZ, JAIR JESÚS BARRERA-MORALES, NALLELY MORALES-CAPELLÁN & LEONARDO FERNÁNDEZ-BADILLO

NUEVOS REGISTROS DE DISTRIBUCIÓN DE *TANTILLA CALAMARINA* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) PARA EL ESTADO DE JALISCO, MÉXICO

NEW DISTRIBUTIONAL RECORDS OF *TANTILLA CALAMARINA* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) FOR STATE OF JALISCO, MEXICO

IVÁN TRINIDAD AHUMADA-CARRILLO^{1,2*}, CHRISTOPH I. GRÜNWARDL^{1,2}, JACOBO REYES-VELASCO^{1,3} & JASON M. JONES^{1,2}

¹Biodiversa A. C., Chapala, Jalisco, México;

²Herp.mx A.C., Villa de Álvarez, Colima, México

³Entorno Biótico A.C., Villa de Álvarez, Colima, México

*Correspondence: lepidus320@hotmail.com

Received: 2021-07-29. Accepted: 2021-11-02. Published: 2022-01-01.

Editor: Armando H. Escobedo-Galván, México.

Tantilla calamaria es una serpiente fosorial, de tamaño pequeño (longitud máxima: 20.2 cm), endémica de México que se distribuye en los estados de Sinaloa, Nayarit (incluyendo las Islas Mariás), Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Morelos, Puebla y Estado de México (Heimes, 2016). En Jalisco solo se conoce de tres

localidades, incluyendo la localidad tipo en Guadalajara, Volcán de Colima (Wilson & Mata, 2014), y los alrededores de Chamela (Ramírez-Bautista, 1994). En este trabajo documentamos cinco localidades adicionales (Fig. 1). Los váucheres fotográficos fueron depositados en la colección digital de la Universidad de Texas en

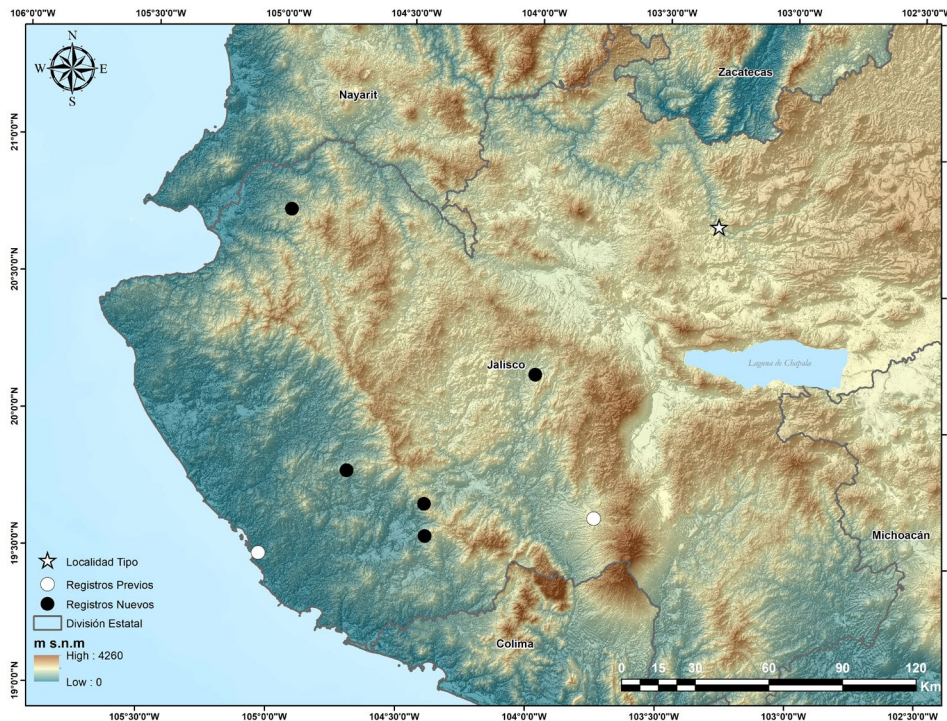


Figura 1. Mapa de distribución de *Tantilla calamarina* en el estado de Jalisco. Los puntos negros representan las nuevas localidades, los puntos blancos las localidades previas y la estrella la localidad tipo.

Figure 1. Distribution map of *Tantilla calamarina* in the state of Jalisco. The black points represent the new localities, the white points the previous localities and the star the type locality.



Figure 2. *Tantilla calamarina* (ECO-CH-H-3992.). Municipality of Tecolotlán: 4.5 km SW to Tamazulita. Photo: Iván T. Ahumada-Carrillo.

Figura 2. *Tantilla calamarina* (ECO-CH-H-3992.). Municipio de Tecolotlán: 4.5km SO de Tamazulita. Foto: Iván T. Ahumada-Carrillo.

Arlington, mientras que el ejemplar recolectado fue depositado en la colección herpetológica del Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) con el permiso SGPA/DGVS/03070/16.

México: Jalisco: Municipio de San Sebastián del Oeste: 2 km al oeste de El Guayabo Blanco (20.75938° N; 104.96140° W; WGS 84; 820 m s.n.m.). 19 abril de 2011; Iván T. Ahumada-Carrillo (UTADC-8546). Este registro se encuentra a 50 km al sur del registro más cercano en Compostela, Nayarit (Wilson & Mata, 2014). La serpiente fue encontrada debajo de una roca en un ecotono de bosque tropical caducifolio y bosque de encino.

México: Jalisco: Municipio de Casimiro Castillo: 4 km (en línea recta) al Sureste de Casimiro Castillo (19.579401° N; 104.403742° W; WGS 84; 775 m s.n.m.) 17 de septiembre de 2011; Iván T. Ahumada-Carrillo (UTADC-8547). La serpiente fue encontrada durante la mañana, después de una fuerte tormenta, bajo una roca en bosque tropical caducifolio. Un registro adicional para

este municipio este municipio se presenta a 2.9 km al Suroeste de Puerto Los Mazos, sobre la carretera a La Huerta (19.696753° N; 104.409818° W; WGS 84; 1225 m s.n.m.) 23 de enero de 2006; Christoph I. Grünwald, Jason M. Jones y Jacobo Reyes-Velasco (UTADC-9710a-c). La serpiente fue encontrada durante la mañana debajo de una roca en bosque de encino. Estos registros (Fig. 1) se encuentran a 60 km al este de la localidad de Chamela, Jalisco (Ramírez-Bautista, 1994), y a 50 km al norte de Manzanillo, Colima (Wilson & Mata, 2014).

México: Jalisco: Municipio de Villa Purificación: 1.5 km al Noreste de La Eca. (19.810133° N; 104.713235° W; WGS 84; 600 m s.n.m.) 15 de marzo de 2012; Iván T. Ahumada-Carrillo. (UTADC-9711). Este individuo se localizó a 45 km al noreste del registro más cercano, en Chamela, Jalisco (Ramírez-Bautista, 1994), y 80 km al noroeste de Manzanillo, Colima (Wilson & Mata, 2014). La serpiente fue encontrada bajo una roca en bosque tropical caducifolio. México: Jalisco: Municipio de Tecolotlán: 4.5 km Suroeste de Tamazulita

(20.181583° N; 103.994006° W; WGS 84; 1290 m s.n.m.) 20 de noviembre de 2015; Iván T. Ahumada-Carrillo (ECO-CH-H-3992). Este registro (Fig. 2) se encuentra a 70 km al noroeste del Volcán de Colima (Wilson & Mata, 2014). La serpiente fue encontrada debajo de una pila de rocas en la base de un árbol, en bosque tropical caducifolio.

Agradecimientos.— A Gustavo Ernesto Quintero Díaz por permitirnos utilizar su permiso de colecta SGPA/DGVS/03070/16. A Gregory Gabriel Pandelis por catalogar los váuchers fotográficos, a Eden Angeles por la elaboración del mapa.

LITERATURA CITADA

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

Ramírez-Bautista, A. 1994. Manual y claves ilustradas de los anfibios y reptiles de la región de Chamela, Jalisco, México. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., México.

Wilson, L.D. & V. Mata-Silva. 2014. Snakes of the genus *Tantilla* (Squamata: Colubridae) in Mexico: taxonomy, distribution, and Conservation. Mesoamerican Herpetology 1:5-95.



SCELOPORUS GRAMMICUS (SQUAMATA: PHRYNOSOMATIDAE), NUEVA ESPECIE PRESA EN LA DIETA DE *LAMPROPELTIS POLYZONA* (SQUAMATA: COLUBRIDAE)

SCELOPORUS GRAMMICUS (SQUAMATA: PHRYNOSOMATIDAE), NEW PREY ITEM IN THE DIET OF *LAMPROPELTIS POLYZONA* (SQUAMATA: COLUBRIDAE)

JOSÉ ENRIQUE PIÑANGO-BUSTAMANTE¹, OSCAR CID-MORA² & VÍCTOR VÁSQUEZ-CRUZ^{3*}

¹Africam Safari, Blvd. Capitán Carlos Camacho Espíritu Km 16.5, Oasis, 72960 Puebla

²Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Federal Córdoba-Veracruz Km 348, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, 94946, México.

³PIMVS Herpetario Palancoatl, Avenida 19 número 5525, Colonia Nueva Esperanza, Córdoba, Veracruz, México.

*Correspondence: victorbiolvc@gmail.com

Received: 2021-05-11. Accepted: 2021-10-27. Published: 2022-01-01.

Editor: Uri Omar Garcia Vazquez, México.

Abstract.— The Atlantic Central American Milksnake *Lampropeltis polyzona* feeds mainly on reptiles (lizards and snakes), occasionally on mammals (rodents and shrews), and rarely on birds and reptile eggs. Herein, we report the lizard *Sceloporus grammicus* for the first time in the natural diet of *L. polyzona* in Puebla, Mexico.

Keywords.— Diet, Predator, Predator-prey interaction, Phrynosomatidae, *Sceloporus grammicus*.

Resumen.— La serpiente falsa coral mexicana *Lampropeltis polyzona* se alimenta principalmente de reptiles (lagartijas y serpientes), ocasionalmente de mamíferos (roedores y musarañas) y rara vez de aves y de huevos de reptiles. Aquí, reportamos por primera vez a la lagartija *Sceloporus grammicus* en la dieta natural de *L. polyzona* en Puebla, México.

Palabras clave.— Depredación, dieta, interacción depredador-presa, Phrynosomatidae, *Sceloporus grammicus*.

La serpiente falsa coral mexicana *Lampropeltis polyzona* Cope, 1860 es una serpiente terrestre de talla mediana (longitud total alrededor de 150 cm; Heimes, 2016) con una historia taxonómica confusa. Considerada como subespecie de la ampliamente distribuida *Lampropeltis triangulum* (Lacépède, 1789) fue reconocida recientemente a nivel de especie por Ruane et al. (2014) y Chambers y Hillis (2020). Los resultados de ambos trabajos difieren del rango de distribución, sin embargo, ambos indican que la serpiente se distribuye a lo largo de las costas del Pacífico y el Atlántico de México, desde el sur de Sonora y el norte de Veracruz al sur hasta al menos el norte de Guerrero y el norte de Oaxaca. Habita una amplia gama de tipos de vegetación que incluyen bosque subtropical espinoso, bosque perenne estacional, bosque mesófilo de montaña, bosque de pino-encino y bosque tropical caducifolio (Heimes, 2016; Uetz et al., 2021). La composición de la dieta está conformada principalmente de reptiles (lagartijas y serpientes), ocasionalmente de mamíferos (roedores y musarañas) y rara vez de aves y de huevos de reptiles (Vásquez-Cruz, 2020). Dentro de las especies de lagartijas verificadas en la dieta de *L. polyzona* se incluyen: *Anolis sagrei*,

Aspidoscelis costata, *Ctenosaura pectinata*, *Holcosus amphigrammus*, *Plestiodon* sp., *Sceloporus variabilis* y *Scincella* sp. (Vásquez-Cruz, 2020).

El 2 de mayo del 2021, aproximadamente a las 1000 h en el interior de Africam Safari (18.939194° N, 98.134694° O; WGS 84; elev. 2130 m), municipio de Puebla, México, durante un día soleado, se encontró un individuo de *Lampropeltis polyzona* alimentándose de un individuo macho adulto de *Sceloporus grammicus* (Fig. 1). La serpiente engullía a su presa aún viva iniciando por la cabeza. Al notar nuestra presencia, la serpiente abandonó a su presa y luego se alejó del sitio, en cuanto a la lagartija se quedó inmóvil por un par de minutos y después se alejó. El hábitat se encuentra fragmentado en pequeños parches de vegetación y pastizales.

La observación de interacciones depredador-presa en la naturaleza suele ser rara y pocas veces existen observaciones directas del evento de depredación. Esta interacción se considera un factor importante en la evolución de los rasgos de



Figure 1. *Lampropeltis polyzona* feeding on an adult individual of *Sceloporus grammicus* in Puebla, Mexico.

Figura 1. *Lampropeltis polyzona* alimentándose de un individuo adulto de *Sceloporus grammicus* en Puebla, México.

la historia de vida de las especies (p. ej. Steen et al., 2014); de ahí la importancia de documentar estos casos. Aunque, *Sceloporus grammicus* ha sido reportado en varios casos de interacción depredador-presa con serpientes (p. ej. Cruz & Suárez, 2019; Schramer et al., 2020), este es el primer caso que reporta a *S. grammicus* en la dieta natural de *Lampropeltis polyzona*.

Agradecimientos.— A Luis Canseco Márquez por verificar la identidad de las especies. A dos revisores anónimos por sus valiosos comentarios.

LITERATURA CITADA

- Chambers, E.A. & D.M. Hillis. 2020. The multispecies coalescent over-splits species in the case of geographically widespread taxa. *Systematic Biology* 69:184-193.
- Cruz, J. Alberto & N.X. Suárez. 2019. First record and diet of the texas patch-nosed snake (*Salvadora grahamiae lineata*) in Puebla, Mexico. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 2:57-59.
- Heimes, P. 2016. *Herpetofauna Mexicana Vol. 1: Snakes of Mexico*. Edition Chimaira, Frankfurt am Main, Germany.
- Ruane, S., R.W. Bryson, R.A. Pyron & F.T. Burbrink. 2014. Coalescent species delimitation in milksnakes (Genus *Lampropeltis*) and impacts on phylogenetic comparative analyses. *Systematic Biology* 63:231-250.
- Schramer, T.D., Y. Kalki, T.R. West & D.B. Wylie. 2020. Notes on the diet of *Crotalus intermedius* Troschel, 1865. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 3:111-115.
- 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.
- Uetz, P., P. Freed & J. Hosek (Eds.). 2021. *The Reptile Database*. <http://www.reptile-database.org> [Consultado en Agosto del 2021]
- Vásquez-Cruz, V. 2020. New prey records for the Atlantic Central American Milksnake *Lampropeltis polyzona* (Serpentes: Colubridae). *Phyllomedusa* 19:107-111.



A NEW GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION RECORD FOR *ANOLIS ARENAL* KÖHLER & VARGAS, 2019 (SQUAMATA: DACTYLOIDAE) IN COSTA RICA

UN NUEVO REGISTRO DE DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA PARA *ANOLIS ARENAL* KÖHLER & VARGAS, 2019 (SQUAMATA: DACTYLOIDAE) EN COSTA RICA

EZEQUIEL VALVERDE¹ & JUAN G. ABARCA²

¹Guía de turismo, Turriadventours, Turrialba, Cartago Costa Rica.

²Laboratorio de Recursos Naturales y Vida Silvestre, Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

*Correspondence: barcazajuan@gmail.com

Received: 2021-09-10. Accepted: 2021-11-19. Published: 2022-01-01.

Editor: Julián A. Velasco, México.

The genus *Anolis* Wagler, 1830, currently includes 437 recognized species within the family Dactyloidae (Uetz et al., 2021). There are 41 species reported for Costa Rica, the most recently described is *Anolis arenal*; this species is recognizable from the other congeners in Costa Rica by its extremely short hind legs

with the tip of fourth toe of the addressed hind leg reaching only to the level of the shoulder, and by having a geranium red dewlap, with blackish carmine central area in the male dewlap in life (Köhler & Vargas, 2019). *Anolis arenal* has been observed in vegetation 4 to 8 m above ground level, clinging to small leafless

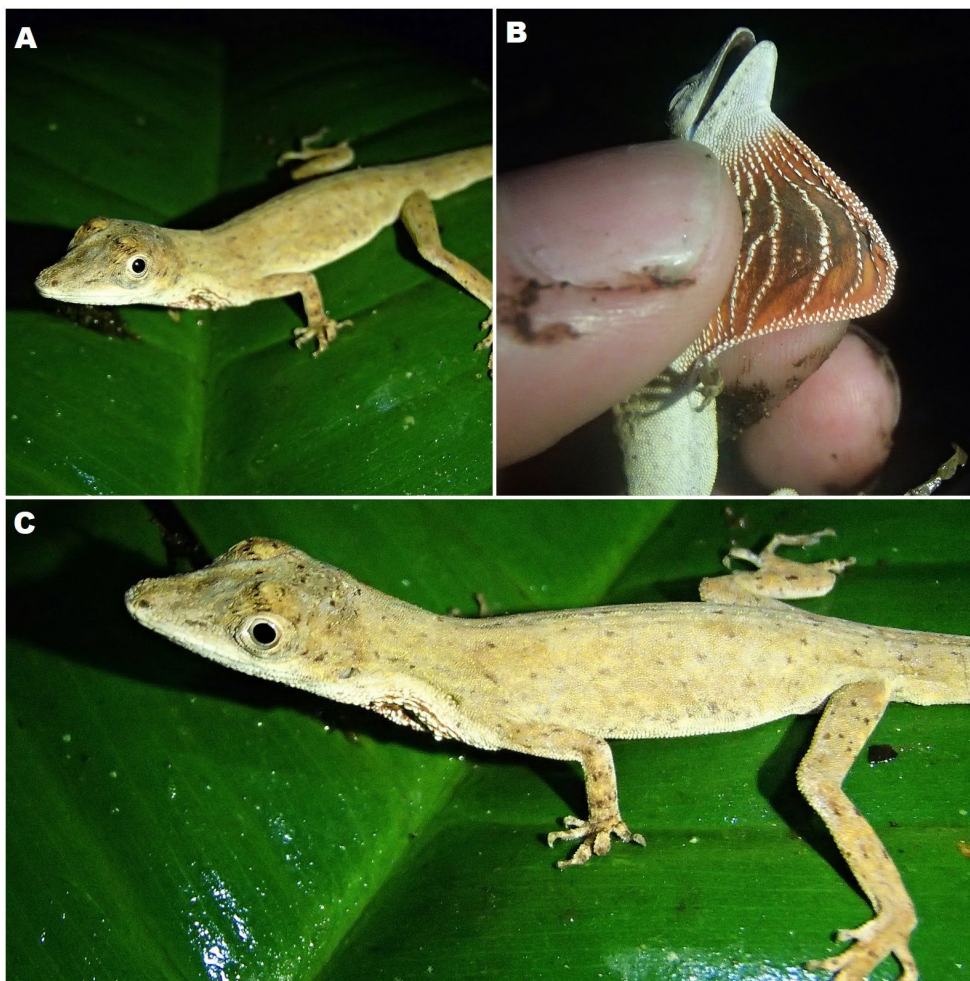


Figura 1. A) Macho adulto de *Anolis arenal* (TNHC 116044) encontrado en un bosque primario en Turrialba, Costa Rica. B) Color del pliegue gular: rojo geranio con el área central carmin oscuro. C) Patrón de color dorsal, nótese los puntos negros dispersos en todo el cuerpo.

Figure 1. A) Adult male of *Anolis arenal* (TNHC 116044) found in a primary forest in Turrialba, Costa Rica. B) Dewlap color: geranium red with blackish carmine central. C) Dorsal color pattern, note the scattered black spots throughout the body.

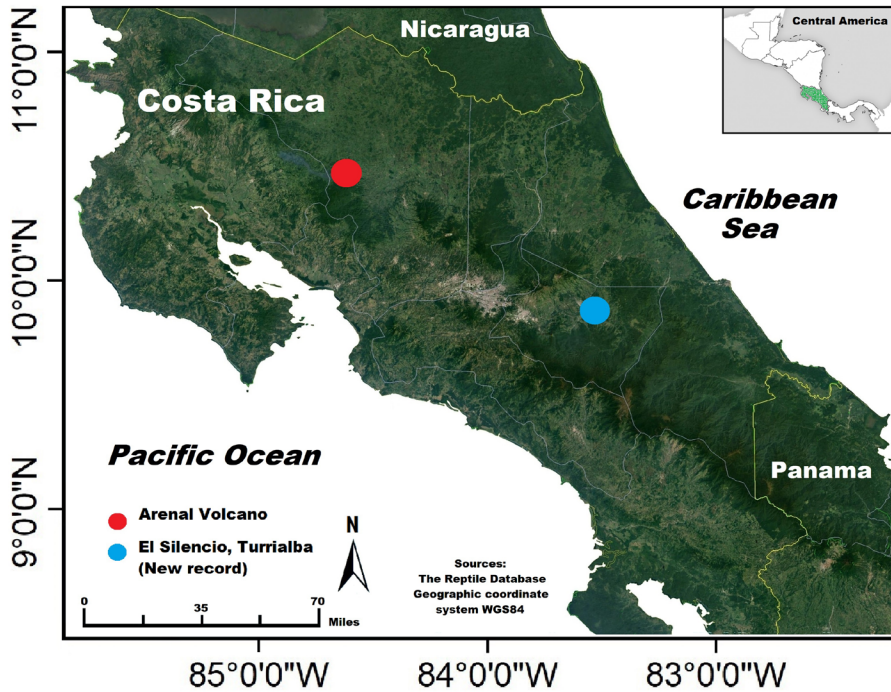


Figura 2. Distribución geográfica conocida de *Anolis arenal* (punto rojo), incluido el nuevo registro en El Silencio de Turrialba (punto azul).

Figure 2. Known geographic distribution of *Anolis arenal* (red point), including the new record in El Silencio de Turrialba (blue point).

twigs on the periphery of the canopy of large trees along a paved path (Köhler & Vargas, 2019). This species is known to occur only from Parque Nacional Volcán Arenal, Alajuela Province, Costa Rica, at elevations between 555 to 585 m a.s.l. (Uetz et al., 2021; Köhler & Vargas, 2019).

On August 18, 2021 at 19:26 h, during a fieldtrip, a lizard was sighted after it falling from a groups of trees in a primary rainforest in El Silencio, Turrialba, Cartago, Costa Rica (9.876019 ° N, 83.612637° W; elevation 951 m. a.s.l.; WGS 84 datum). The specimen was photographed (Digital Camera OLYMPUS TG-820) and the photo-voucher was deposited in the Biodiversity Collections, The University of Texas at Austin (TNHC 116044). We identified the lizard as *Anolis arenal*, based on short limbs, slender habitus and dewlap color (Fig. 1); we also notice that its coloration has a series of black dots scattered throughout the body, similar to the images provided by Köhler & Vargas, (2019) for the Arenal Volcano specimens; identification was confirmed by Joseph Vargas.

The finding of the lizard was in a very humid lower montane forest, it was on a trail located two meters away from a stream called Quebrada Eslobón. The night was rainy and windy, the individual fell to the ground, probably due to these climatic conditions. According to Köhler & Vargas, (2019) this species has been observed in the upper parts of the forest, therefore it can

be difficult to find it near the ground. It is possible that their abundance is greater than what has been reported, but surveys in the canopy of large trees should be increased.

With this observation, the known distribution of this species extends 136 km to the Southeast; therefore its geographic distribution ranges from the Parque Nacional Volcán Arenal in Alajuela to El Silencio de Turrialba, Cartago, Costa Rica (Fig. 2). Turrialba is a region in Costa Rica that still needs to improve herpetofauna studies and inventories, this new record for *Anolis arenal* could motivate further studies in this region.

Acknowledgments.—We thank Joseph Vargas for helping in the species identification, Travis J. LaDucfor for providing the photo voucher number and Jorge Solano manager from Turriadventours.

CITED LITERATURE

Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar & J. Hošek (Eds.). 2021. The Reptile Database, <http://www.reptile-database.org>, accessed [31/08/2021]

Köhler, G. & J. Vargas. 2019. A new species of anole from Parque Nacional Volcán Arenal, Costa Rica (Reptilia, Squamata, Dactyloidea: Norops). *Zootaxa* 4608 (2): 261-278.



INTENTO DE DEPREDACIÓN DE LA SERPIENTE *DRYMARCHON MELANURUS* SOBRE LA TORTUGA *GOPHERUS EVGOODEI*

DEPREDATION ATTEMPT OF THE SNAKE *DRYMARCHON MELANURUS* ON THE TORTOISE *GOPHERUS EVGOODEI*

RAFAEL ALEJANDRO LARA-RESENDIZ^{1,2*} & ROSARIO JORGE SAUCEDA-NIEBLAS³

¹Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Centro de Zoología Aplicada y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Instituto de Diversidad y Ecología Animal, Córdoba, Argentina.

²Ecología para la Conservación del Gran Desierto, A.C., Hermosillo, Sonora, México.

³Parque La Colorada de Álamos A.C., Álamos, Sonora, México.

*Correspondence: rafas.lara@gmail.com

Received: 2021-11-06. Accepted: 2021-11-22. Published: 2022-01-12

Editor: Rodrigo Macip Ríos, México.

Abstract.— This note reports an attempted predation of the Central American Indigo Snake, *Drymarchon melanurus*, on a hatchling of the Goode's Thornscrub Tortoise, *Gopherus evgoodei*, in Parque La Colorada, a conservation area in Alamos, Sonora.

Keywords.— Diet, Colubridae, hatchling, prey, Sonora, Testudinidae.

Resumen.— Esta nota documenta un intento de depredación de la culebra arroyera de cola negra, *Drymarchon melanurus*, sobre una cría de la tortuga sinaloense de matorral, *Gopherus evgoodei*, en el Parque La Colorada, Área Destinada Voluntariamente a la Conservación en Álamos, Sonora.

Palabras clave.— Dieta, Colubridae, cría, presa, Sonora, Testudinidae.

La serpiente de cola negra, *Drymarchon melanurus* consume una amplia variedad de especies de tamaño apropiado (Rorabaugh & Lemos-Espinal, 2016). Se sabe que son oportunistas y que consumen invertebrados, mamíferos, peces, ranas, sapos, lagartijas, serpientes –incluso venenosas– y tortugas (Vásquez-

Cruz & Fuentes-Minor, 2018). En México, el único registro alimentario de esta especie sobre tortugas incluye a los huevos y crías de *Gopherus berlandieri* (Lazcano et al., 2005). En esta nota se documenta el primer registro de intento de depredación de



Figure 1. Predation attempt by the *Drymarchon melanurus* snake on a hatchling of *Gopherus evgoodei* tortoise in La Colorada Park, Álamos, Sonora.

Figura 1. Intento de depredación de la serpiente *Drymarchon melanurus* sobre una cría de la tortuga *Gopherus evgoodei* en el Parque La Colorada, Álamos, Sonora.

D. melanurus sobre una cría de la tortuga sinaloense de matorral *Gopherus evgoodei*.

El 3 de noviembre de 2021, Jorge Saucedo-Nieblas observó un adulto de *D. melanurus* (~1200 mm de longitud total) intentando comer a una cría de *G. evgoodei* de 47 mm de largo de caparacho (Fig. 1) en el Parque La Colorada, Área Destinada Voluntariamente a la Conservación en Álamos, Sonora (27.0168° N, 108.9555° O; WGS 84; 471 m s.n.m.), donde el hábitat principal es selva baja caducifolia. A partir de que se encontraron a los organismos, pasaron entre 10 y 15 minutos en que la culebra trató repetidamente de ingerirla sin importarle la presencia del observador. La serpiente nunca trató de constreñir, solo sujetó a la tortuga con el hocico, de manera horizontal y vertical, empujándola contra el suelo, en un perímetro de 3 metros, pero sin lograr consumirla.

Este registro indica que es altamente probable que *D. melanurus* se alimente de los huevos de *G. evgoodei*, como se ha documentado para sus congéneres, mientras que las crías pueden ser su alimento cuando el tamaño le permite ingerirlas (Lazcano et al., 2005). Finalmente, aquí se documenta una nueva especie de depredador potencial de *G. evgoodei*, especie de la que se desconocen aspectos relevantes de su historia natural (Edwards et al., 2016).

Agradecimientos.— A dos revisores anónimos por sus comentarios de los que el manuscrito se benefició enormemente.

LITERATURA CITADA

- Edwards, T., A. Karl, M. Vaughn, P. Rosen, C. Meléndez Torres & R. Murphy. 2016. The desert tortoise trichotomy: Mexico hosts a third, new sister-species of tortoise in the *Gopherus morafkai*–*G. agassizii* group. *ZooKeys* 562:131-158.
- Lazcano, D., C. García-De la Peña, G. Gamaliel Castañeda & I. González-Rojas. 2005. *Drymarchon corais* (Indigo Snake). *Diet. Herpetological Review* 36:193.
- Rorabaugh, J.C. & J.A. Lemos-Espinal. 2016. A Field guide to the amphibians and reptiles of Sonora, Mexico. ECO Herpetological Publishing and Distribution, Rodeo, New Mexico, United States.
- Vásquez-Cruz, V. & A. Fuentes-Minor. 2018. *Drymarchon melanurus* (Central American Indigo Snake). *Diet. Herpetological Review* 49:545-546.



LISTA ACTUAL DE ANOMALÍAS MORFOLÓGICAS EN ANFIBIOS MEXICANOS, CON DOS CASOS NUEVOS EN EL CENTRO-OESTE DEL ESTADO DE VERACRUZ

CURRENT LIST OF MORPHOLOGICAL ANOMALIES IN MEXICAN AMPHIBIANS, WITH TWO NEW CASES IN THE CENTRAL-WESTERN STATE OF VERACRUZ

DANIA GUADALUPE VENEROZO-TLAZALO¹, VÍCTOR VÁSQUEZ-CRUZ^{2*}, DIDIER MEDINA-NOGUEIRA³ & JOSÉ ALEJANDRO DE LA ROSA-PÉREZ¹

¹Parque Recreativo, Avenida prolongación Guadalupe Victoria, Calle Miguel Domínguez Loyo, Esquina, C.P. 94140, Coscomatepec de Bravo, Veracruz, México.

²PIMVS Herpetario Palancoatl, Avenida 19 número 5525, Colonia Nueva Esperanza, C.P. 94540, Córdoba, Veracruz, México.

³Avenida 4 número 829, Calles 6 y 8, C.P. 94100, Huatusco, Veracruz, México.

*Correspondence: victorbiolvc@gmail.com

Received: 2021-04-21. Accepted: 2021-11-09. Published: 2022-01-20.

Editor: María Laura Ponssa, Argentina.

Abstract.— The existence of anomalies in amphibians has been documented throughout the world. A morphological abnormality is defined as any deviation from the normal range of anatomical variation, which can be caused by mutations, failures in embryonic development, or trauma. In Mexico, the scientific information published on morphological anomalies in amphibians has been recent and in most cases are isolated cases observed in the field. Herein, we present the first report of anophthalmia in *Bolitoglossa platydictyla* and a case of skin webbing in *Rheohyla miotypanum*. We also provide an updated list of cases of morphological anomalies in Mexican amphibians.

Keywords.— Anophthalmia, *Bolitoglossa platydictyla*, deformities, malformations, *Rheohyla miotypanum*, skin webbing.

Resumen.— La existencia de anomalías en anfibios se ha documentado en todo el mundo. Una anomalía morfológica se define como cualquier desviación del rango normal de variación anatómica, que puede ser causada por mutaciones, fallas en el desarrollo embrionario o trauma. En México, la información científica publicada sobre anomalías morfológicas en anfibios ha sido reciente y en la mayoría se trata de casos aislados observados en campo. Aquí presentamos el primer reporte de anoftalmia en *Bolitoglossa platydictyla* y un caso de exceso de piel en *Rheohyla miotypanum*. Así como, una lista actualizada de los casos de anomalías morfológicas en anfibios mexicanos.

Palabras clave.— Anoftalmia, *Bolitoglossa platydictyla*, correa de piel, deformidades, malformaciones, *Rheohyla miotypanum*.

Casos de anomalías morfológicas han sido reportadas en casi todo el mundo, siendo aquellas desviaciones en el rango de variación normal en la morfología de los anfibios basado en un análisis anatómico externo (e.g. Henle et al., 2017a). La mayoría de estos informes en anfibios han ocurrido en América del Norte, así como en varias localidades de Europa (e.g. Meteyer, 2000; Gray & Lethaby, 2010; Henle et al., 2012; Reeves et al., 2013), en las que se han reportado más de 20 diferentes tipos de anomalías morfológicas (e.g. Meteyer, 2000). Términos como deformidad, anomalía, anomalidad o malformación se han utilizado con frecuencia para denominar estas desviaciones. Podemos notar

dos grandes grupos definidos por Johnson et al. (2001), (1) malformación como aquella estructura en permanente defecto resultante de un desarrollo anormal, y (2) deformidad como aquella alteración en un órgano o estructura que originalmente fue formado correctamente. Sin embargo, distinguir una malformación de una deformidad puede resultar difícil sin un estudio detallado del caso, algo que por lo regular es complicado de realizar durante el trabajo de campo (ver Henle et al., 2017b y referencias). Bajo esta premisa, seguiremos el término de anomalía para incluir cualquier desviación bruta del rango normal de variación en la morfología (Johnson et al., 2001).



Se considera, por lo general, que las anomalías en los anfibios son principalmente producto de mutaciones, fallas en el desarrollo embrionario o por traumatismos durante esta etapa (Soto-Rojas et al., 2017). No obstante, también pueden ser causadas por ataques de depredadores, infecciones parasitarias, virus y exposición a contaminantes químicos o exposición a radiación ultravioleta (e.g. Blaustein et al., 2003; Toledo & Ribeiro, 2010; Luría-Manzano et al., 2011; Reeves et al., 2013; Henle et al., 2017a; Borges et al., 2019). Los casos más frecuentes son polimelia (duplicación de un miembro completo o partes del mismo), polidactilia (mayor número de dedos), ectromelia (ausencia parcial o total de una extremidad), ectrodactilia (ausencia parcial o total de uno o más dígitos), anoftalmia (ausencia de uno o ambos ojos), edema (acumulación subcutánea de líquido), quistes y tumores (e.g. Peltzer et al., 2011; Medina et al., 2013; Henle et al., 2017b; Ascoli-Morrete et al., 2019). La frecuencia con la que suelen encontrarse anomalías en las poblaciones de anfibios es muy variable. Algunos autores consideran que encontrar un 2% a 5% de los individuos con anomalías es una población sana (e.g. Ouellet, 2000; Blaustein & Johnson, 2003). Sin embargo, existen poblaciones con porcentajes mayores al 15% (Vershinin, 1989; Severtsova et al., 2012).

La mayoría de los casos han sido reportados en Estados Unidos y Europa (Henle et al. 2017a). En cuanto a México, la información científica publicada sobre anomalías morfológicas en anfibios ha sido reciente y en la mayoría se trata de casos aislados observados en campo. Aquí presentamos el primer reporte de anoftalmia en *Bolitoglossa platydactyla* y un caso de exceso de piel en *Rheohyla miotympanum*, así como, una lista actualizada de los casos de anomalías morfológicas en anfibios mexicanos.

Durante el trabajo de campo en el centro-oeste del estado de Veracruz entre noviembre y diciembre del 2020 reunimos de manera oportunista dos casos de anomalías en anfibios. Depositamos un voucher fotográfico en el Natural History Museum of Los Angeles County (LACM PC). Posteriormente, realizamos una compilación de datos de los casos documentados de anomalías en anfibios mexicanos basado en una revisión exhaustiva de la literatura (Tabla 1). A continuación, describimos a detalle los registros inéditos de anomalías en anfibios.

El 15 de noviembre del 2020, aproximadamente a las 12:40 h, encontramos un adulto hembra de *Bolitoglossa platydactyla* (Fig. 1A y 1B; Longitud total = 160 mm) (19.1688° N, 96.9611° O, WGS 84, elev. 1310 m) cerca del cerrito de Guadalupe, municipio de Huatusco debajo de un tronco en degradación. El sitio se

caracterizaba por presentar la vegetación original reemplazada por potreros para la industria ganadera. Observamos que el espécimen carecía de globo ocular izquierdo (anomalía: anoftalmia) y la cavidad ocular se encontraba reducida.

El 12 de diciembre del 2020, aproximadamente a las 16:30 h, encontramos un adulto macho de *Rheohyla miotympanum* (Fig. 1C y 1D) en el río Tlacoapa, entre los sitios "El manantial" y Tlacuiloloxtlá (19.0757° N, 97.0512° O, WGS 85, elev. 1565 m), municipio de Coscomatepec de Bravo. El espécimen se encontró en remanentes de bosque mesófilo de montaña, dentro de una bráctea de *Xanthosoma* spp. (Araceae). Observamos que el individuo presentaba un exceso de piel que recubre el ojo izquierdo (anomalía: correa de piel).

Como resultado de nuestro trabajo y los casos reportados en la literatura científica se ha documentado anomalías morfológicas en 17 especies mexicanas (Tabla 1), pertenecientes a seis familias, siendo la familia Hylidae la que cuenta con mayor número de casos publicados con seis especies (35.3%), seguido de Ambystomidae y Ranidae con tres especies (17.6%) cada una. La familia Bufonidae y Plethodontidae se conocen dos especies (11.8%) y finalmente Craugastoridae con una especie (5.9%).

En México, el fenómeno de las anomalías en anfibios ha sido poco estudiado y la mayoría de los informes ocurrieron en la última década. Solo existen dos trabajos específico sobre esta temática en México: Monrroy-Vilchis et al. (2015) cuantificaron y calificaron las anomalías morfológicas en anuros de la reserva natural sierra Nanchititla, Estado de México y Soto-Rojas et al. (2017) estudiaron poblaciones de *Ambystoma ordinarium* demostrando que la condición del hábitat juega un papel importante en el elevado número de anomalías registradas en esta especie. Por otro lado, existen informes de casos aislados (e.g. Domínguez-Moreno et al., 2018) u observaciones secundarias de proyectos de investigación (e.g. Díaz-García et al., 2019). Otros han analizado las posibles causas de las anomalías reportadas, por ejemplo Luría-Manzano et al. (2011) describen renacuajos de *Plectrohyla arborescandens* con anomalías en la mandíbula y en dientes en la sierra negra de Puebla, ocasionado por el hongo *Batrachochytrium dendrobatis*; Aguillón-Gutiérrez & Ramírez-Bautista (2015) reportan curvatura de la espina dorsal, desprendimientos de piel y extremidades anormales en *Dryophytes plicatus* expuestos a metales pesados como hierro y plomo.

Nuestros datos suman una especie de salamandra (*Bolitoglossa platydactyla*) a la lista de anfibios mexicanos con anomalías y para la especie de rana *Rheohyla miotympanum* se reporta una

Table 1. List of reported cases of morphological anomalies in Mexican amphibians.**Tabla 1.** Lista de casos reportados de anomalías morfológicas en anfibios mexicanos.

Especie	N	Localidad	Anormalidad	Aspecto físico	Etapas	Sexo	Hábitat	Referencia
Ambystomatidae								
<i>Ambystoma mexicanum</i>	-	Laboratorio	Flexión lateral de la cola (escoliosis)	Saludable	Larva	-	-	Robles-Mendoza et al., 2009
<i>Ambystoma ordinarium</i>	224	Michoacán	Micromelia, ectrodactilia, braquidactilia, sindactilia, polimelia, polidactilia, ectromelia, cola incompleta, cola regenerada, múltiples branquias, ausencia de branquias, branquias subdesarrolladas y fusión de las branquias.	-	-	-	Ver descripción original	Soto-Rojas et al., 2017
<i>Ambystoma velasci</i>	2	Alameda del Rincón, Amealco de Bonfil, Querétaro	Ausencia de dedos (Ectrodactilia o Braquidactilia)	-	-	-	Área agrícola	Cruz-Pérez et al., 2009
<i>Ambystoma velasci</i>	1	Alameda del Rincón, Amealco de Bonfil, Querétaro	Polidactilia	-	-	-	Área agrícola	Cruz-Pérez et al., 2009
Pletodontidae								
<i>Aquiloerycea cafetalera</i>	1	Las Cañadas, Huatusco, Veracruz	Microftalmia	Saludable	Adulto	H	Bosque Mesófilo de Montaña	Díaz-García et al., 2019
<i>Bolitoglossa platydactyla</i>	1	BambuVer, Huatusco, Veracruz	Anoftalmia	Saludable	Adulto	H	Potrero	Este estudio
Bufonidae								
<i>Incilius occidentalis</i>	1	Laguna de Tixtla, Guerrero	Anoftalmia	Saludable	Juvenil	-	Área agrícola	Castro-Torreblanca & Blancas-Calva, 2021
<i>Rhinella horribilis</i>	1	Cuautlapan, Ixtaczoquitlán, Veracruz	Agenesia unilateral de glándula parotoide	Saludable	Adulto	-	Plantación de chayote	Domínguez-Moreno et al., 2018
<i>Rhinella horribilis</i>	1	Lechuguillas, Vega de la Torre, Veracruz	Hipoplasia mandibular	Desnutrición	Adulto	-	Transición entre potrero y manglar	Domínguez-Moreno et al., 2018
Craugastoridae								
<i>Craugastor rhadopis</i>	1	Las Cañadas, Huatusco, Veracruz	Ectromelia de fémur	Saludable	Adulto	-	Bosque Mesófilo de Montaña	Díaz-García et al., 2019
Hylidae								
<i>Dryophytes arenicolor</i>		La Reserva Natural Sierra Nanchititla, Estado de México	Polifalángia	-	-	-	-	Monroy-Vilchis et al., 2015

Table 1 (Cont.). List of reported cases of morphological anomalies in Mexican amphibians.**Tabla 1 (Cont.).** Lista de casos reportados de anomalías morfológicas en anfibios mexicanos.

Especie	N	Localidad	Anormalidad	Aspecto físico	Etapa	Sexo	Hábitat	Referencia
<i>Dryophytes plicatus</i>		Laboratorio	Hiperlordosis, ectromelia, plimelia y braquimelia	-	Larva-Pos-meta-mórfico	-	-	Aguillón-Gutiérrez & Ramírez-Bautista, 2015
<i>Plectrohyla arborescandens</i>	25	Puebla	Ausencia de vainas de mandíbula e hileras de dientes	Saludable	Larvas	-	Bosque de pino-encino	Luría-Manzano et al., 2011
<i>Rheohyla miotympanum</i>	1	Teocelo, Veracruz	Ectrodactilia y braquidactilia	Saludable	Adulto	M	Cafetal bajo sombra	Carmona-Zamora et al., 2020
<i>Rheohyla miotympanum</i>	1	"El Nacimiento", Coscomatepec, Veracruz	Correa de piel: exceso de piel que recubre el ojo izquierdo	Saludable	Adulto	M	Remanente de bosque mesófilo de montaña	Este estudio
<i>Smilisca baudinii</i>	1	Cuitlahuac, Veracruz	Anoftalmia	Saludable	Pos-meta-mórfico	-	Cultivo de caña	Hernández-Járegi et al., 2021
<i>Smilisca fodiens</i>	1	Municipio de Tecuala, Nayarit	Hipoplasia mandibular	Saludable	Adulto	-	Bosque de espinos bajos perturbado	Loc-Barragán, 2016
Ranidae								
<i>Lithobates ferreri</i>	6	La Reserva Natural Sierra Nanchititla, Estado de México	Braquidactilia, Ectrodactilia, hemimelia, braquignatia en la mandíbula inferior, membrana interdigital incompleta.	-	-	-	-	Monroy-Vilchis et al., 2015
<i>Lithobates neovolcanicus</i>	1	Mezcala de la Asunción, Poncitlán, Jalisco	Ectromelia de fémur y polimelia	Saludable	Juvenil	-	Bosque de pino perturbado	Barragán-Ramírez & Navarrete-Heredia, 2011
<i>Lithobates zweifeli</i>	1	La Reserva Natural Sierra Nanchititla, Estado de México	Micromelia	-	-	-	-	Monroy-Vilchis et al., 2015

nueva anomalía. Ambos registros pertenecen al centro-oeste del estado de Veracruz, situado en la zona centro-este de la república mexicana, región que se ha caracterizado por su diversidad y endemismos en anfibios, por lo que se considera un hotspot en este grupo (Ochoa-Ochoa & Flores-Villela 2006). Desafortunadamente también la tasa de deforestación en el estado de Veracruz es una de las más alta del país (Muñiz-Castro et al., 2015). Misma región en la que, en los últimos tres años se han publicado siete casos de anomalías. En su mayoría han

ocurrido en ambientes modificados (e.g. Domínguez-Moreno et al., 2018), sin embargo, las observaciones de Díaz-García et al. (2019) han ocurrido en bosque mesófilo de montaña conservado, tipo de vegetación considerado amenazado (Ochoa-Ochoa et al., 2017).

Aunque no determinamos las causas de las anomalías, estas observaciones aumentan el conocimiento base para futuros trabajos que busquen determinar las causas y la frecuencia

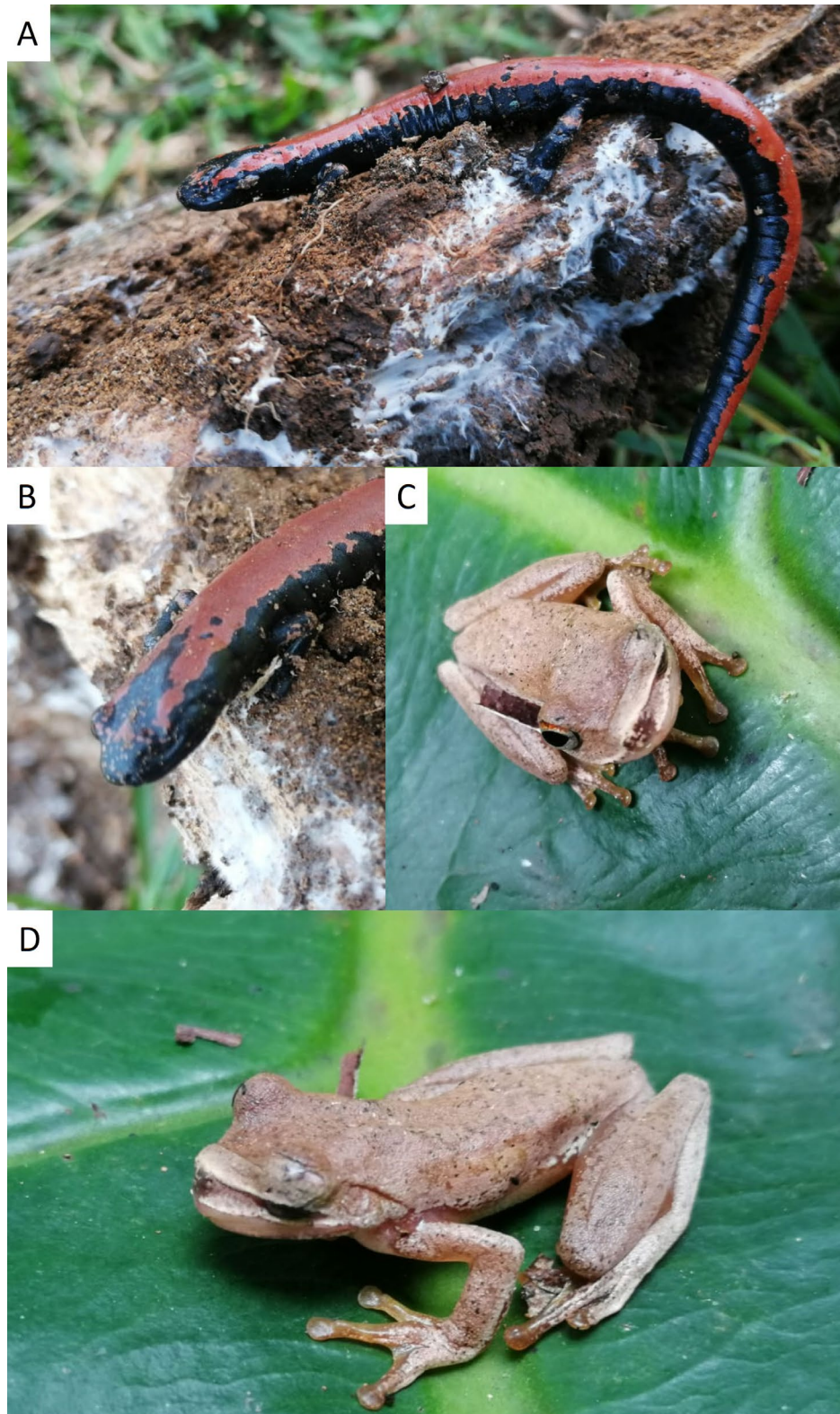


Figure 1. Morphological anomalies in amphibians. A) Anophthalmia in *Bolitoglossa platydactyla* and B) skin webbing over the left eye in *Rheohyla miotympanum*.
Figura 1. Anomalías morfológicas en anfibios. A) Anofthalmia en *Bolitoglossa platydactyla* y B) correa de piel sobre el ojo izquierdo en *Rheohyla miotympanum*.

de aparición de las anomalías, así como su posible impacto en la supervivencia de las poblaciones. En algunas zonas de la región, se ha reportado la presencia del hongo quítrido desde la década de 1970 (Cheng et al., 2011; Van-Rooij et al., 2011), por lo que recomendamos evaluar la presencia de *Batrachochytrium dendrobatidis* en estas poblaciones, lo que podría explicar los emergentes registros en el área, similar a lo reportado por Luría-Manzano et al. (2011) en la Sierra Negra de Puebla.

Agradecimientos.– A dos revisores anónimos por sus comentarios de los que el manuscrito se benefició enormemente.

LITERATURA CITADA

- Aguillón-Gutiérrez, D.R. & A. Ramírez-Bautista. 2015. Anomalías frecuentes en una población de *Hyla plicata* (Anura: Hylidae) expuesta a plomo y fierro durante el desarrollo postembrionario. *Biología Ciencia y Tecnología* 8:515-529.
- Ascoli-Morrete, T., E. Signor, M. Santos-Pereira & N. Zanella. 2019. Morphological abnormalities in anurans from southern Brazil. *Austral Ecology* 44:1025-1029.
- Barragán-Ramírez, J.L. & J.L. Navarrete-Heredia. 2011. Primer registro de un caso de malformaciones en *Lithobates neovolcanicus* (Hillis y Frost, 1985) (Anura: Ranidae). *Acta Zoológica Mexicana* 27:837-841.
- Blaustein, A.R. & P.T. Johnson. 2003. Explaining frog deformities. *Scientific American* 288:60-65.
- Borges, R.E., Santos, L.R.S., Assis, R.A., Benvindo-Souza, M., Franco-Belussi, & L., Oliveira, C. 2019. Monitoring the morphological integrity of Neotropical anurans. *Environmental Science and Pollution Research* 26:2623-2634.
- Carmona-Zamora, T., A. Sandoval-Comte & J.M. Díaz-García. 2020. Registro de ectrodactilia y braquidactilia en *Rheohyla miotypanum* (Anura: Hylidae) en un cafetal bajo sombra del centro de Veracruz, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 3:107-110
- Cheng, T.L., S.M. Rovito, D.B. Wake & T.V. Vance. 2011. Coincident mass extirpation of Neotropical amphibians with emergence of the infectious fungal pathogen *Batrachochytrium dendrobatidis*. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108:502-507.
- Cruz-Pérez, M.S., J.A. Rangel-Hernández, O. Roldan-Padron, G.A. Soto-Alonso, U. Padilla-García & U.O. García-Vázquez. 2009. Presencia de malformaciones en *Ambystoma velasci* en Alameda del Rincón, Querétaro, México. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana* 17:92-96.
- Díaz-García, J.M., S. Gómez-Toxqui, E. Silva-Ayala, A. Kelly-Hernández & V. Vásquez-Cruz. 2019. Microftalmia en *Aquiloerycea cafetalera* (Caudata: Plethodontidae) y ectromelia de fémur en *Craugastor rhodopsis* (Anura: Craugastoridae) observadas en un bosque de niebla de Veracruz, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 2:78-81.
- Domínguez-Moreno, L.A., V. Vásquez-Cruz, A. Reynoso-Martínez & N.M. Cerón-de la Luz. 2018. Dos casos de anomalías macroscópicas en *Rhinella horribilis* (Anura: Bufonidae) en Veracruz, México. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española* 29:153-154.
- Gray, B.S. & M. Lethaby. 2010. Observations of limb abnormalities in amphibians from Erie County, Pennsylvania. *Journal of Kansas Herpetology* 35:14-16.
- Henle, K., B. Mester, S. Lengyel & M. Puky. 2012. A review of a rare type of anomaly in amphibians, tail duplication and bifurcation, with description of three new cases in European species (*Triturus dobrogicus*, *Triturus carnifex*, and *Hyla arborea*). *Journal of Herpetology* 46:451-455.
- Henle, K., A. Dubois & V. Vershinin. 2017a. A review of anomalies in natural populations of amphibians and their potential causes. *Mertensiella* 25:57-164.
- Henle, K., A. Dubois & V. Vershinin. 2017b. Commented glossary, terminology and synonymies of anomalies in natural populations of amphibians. *Mertensiella* 25:9-48.
- Hernández-Jauregui, M., F. Chacón-Juárez & V. Vásquez-Cruz. 2021. *Smilisca baudinii* (Mexican Treefrog) Anophthalmia. *Herpetological Review* 52(4):839.
- Johnson, P.T., K.B. Lunde, R.W. Haight, J. Bowerman & A.R. Blaustein. 2001. *Ribeiroia ondatrae* (Trematoda: Digenea) infection induces severe limb malformations in western toads (*Bufo boreas*). *Canadian Journal of Zoology* 79:370-379.
- Loc-Barragán, J.A. 2016. *Smilisca fodiens*. Malformation. *Mesoamerican Herpetology*. 3(3):712-713.
- Luría-Manzano, R., L. Canseco-Márquez & P. Farías-Álvarez. 2011. *Batrachochytrium dendrobatidis* in *Plectrohyla arborescens* (Anura:



- Hylidae) aarvae at a montane site in the Sierra Negra, Puebla, México. *Herpetological Review* 42:552-554.
- Medina, R.G., M.L. Ponssa, C. Guerra & E. Aráoz. 2013. Amphibian abnormalities: Historical records of a museum collection in Tucuman Province, Argentina. *Herpetological Journal* 23:193-202.
- Meteyer, C.U. 2000. Field guide to malformations of frogs and toads with radiographic interpretations. Biological Science Report, USA.
- Monroy-Vilchis, O., L.L. Parra-López, T. Beltrán-León, J.A. Lugo, A. Balderas & M.M. Zarco-González. 2015. Morphological abnormalities in anurans from central Mexico: A case study (Anura: Ranidae, Hylidae). *Herpetozoa* 27:115-121.
- Muñiz-Castro, M.A., G. Williams-Linera, & J. Benítez-Malvido. 2015. Restoring montane cloud forest: Establishment of three Fagaceae species in the old fields of central Veracruz, Mexico. *Restoration Ecology* 23:26-33.
- Ochoa-Ochoa, L.M. & O.A. Flores-Villela. 2011. Endemismo de la herpetofauna: análisis y problemáticas. In Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado, pp. 545-558. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México.
- Ochoa-Ochoa L.M., N.R. Mejía-Domínguez & J. Bezaury-Creel. 2017. Priorización para la Conservación de los Bosques de Niebla en México. *Ecosistemas* 26:27-37.
- Ouellet M., 2000. Amphibian deformities: current state of knowledge. Pp. 617-646. En D.W. Sparling, G. Linder & C. A. Bishop (Eds.) *Ecotoxicology of amphibians and reptiles*. Technical publications series, Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) Pensacola, Florida, USA.
- Peltzer, P.M., R.C. Lajmanovich, L.C. Sánchez, A.M. Attademo, C.M. Junges, C.L. Bionda, A.L. Martino & A. Basso. 2011. Morphological abnormalities in amphibian populations from the mid-eastern region of Argentina. *Herpetological Conservation and Biology* 6:432-442.
- Reeves, M.K., K.A. Medley, A.E. Pinkney, M. Holyoak, P.T.J. Johnson & M.J. Lannoo. 2013. Localized hotspots drive continental geography of abnormal amphibians on U.S. wild-life refuges. *PLOS One* 8:1-14.
- Robles-Mendoza, C., C. García-Basilio, S. Cram-Heydrich, M. Hernández-Quiroz & C. Vanegas-Pérez. 2009. Organophosphorus pesticides effect on early stages of the axolotl *Ambystoma mexicanum* (Amphibia: Caudata). *Chemosphere* 74:703-710.
- Severtsova, E.A., D.R. Aguillón-Gutiérrez & S.A. Severtsov. 2012. Frequent anomalies in larvae of common and moor frogs in Moscow area and in the Suburbs of Moscow, Russia. *Russian Journal of Herpetology* 19:337-348.
- Soto-Rojas C., I. Suazo-Ortuño, J.A. Montoya-Laos & J. Alvaro-Díaz. 2017. Habitat quality affects the incidence of morphological abnormalities in the endangered salamander *Ambystoma ordinarium*. *PLOS ONE* 12:1-15.
- Toledo, L.F. & R.S. Ribeiro. 2010. The Archipelago of Fernando de Noronha: an intriguing malformed toad hotspot in South America. *EcoHealth* 6:351-357.
- Van-Rooij, P., A. Martel, J. Nerz, S. Voitel, F. Van Immerseel, F. Haesebrouck & F. Pasmans. 2011. Detection of *Batrachochytrium dendrobatidis* in Mexican Bolitoglossine salamanders using an optimal sampling protocol. *EcoHealth* 8:237-243.
- Vershinin, V.L. 1989. Morphological abnormalities of amphibians of the urban environment. *Russian Journal of Ecology* 3:58-65.



NEW ALTITUDINAL RECORD OF *HELODERMA HORRIDUM* (WIEGMANN, 1829) (SQUAMATA: HELODERMATIDAE)

NUEVO REGISTRO ALTITUDINAL DE *HELODERMA HORRIDUM* (WIEGMANN, 1829) (SQUAMATA: HELODERMATIDAE)

DIEGO M. ARENAS-MORENO^{1*}, ADÁN BAUTISTA-DEL MORAL^{2,3} & DAVID A. BRINDIS-BADILLO^{3,4}

¹Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. C.P. 66450, Nuevo León, México.

²Laboratorio de Herpetología, Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, A. P. 70515, C.P. 04510 Ciudad de México, México.

³Posgrado en Ciencias Biológicas, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, A.P. 70-153, C.P. 04510 Ciudad de México, México.

⁴Laboratorio de Ecología y Manejo de Bosques Tropicales, Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México, C.P. 58190, Morelia, Michoacán, México.

*Correspondence: darenasmor85@gmail.com

Received: 2021-10-06. Accepted: 2021-12-01. Published: 2022-01-20.

Editor: César Antonio Ríos-Muñoz, México.

Heloderma horridum (Beaded Lizard) is a venomous lizard of large size distributed along the Pacific Coast of Mexico from Sinaloa to Chiapas, and in lowlands of the states of Estado de México, Morelos and Puebla (Reiserer et al., 2013). The known distribution of this species is mainly associated with lowland tropical forests; however, it occasionally occurs in temperate habitats at high elevation up to 1800 m (Guadarrama et al., 2020). In this study, we extend the altitudinal range of *H. horridum* more than 200 m elevation.

On August 10, 2021 at 15:35 h we observed a juvenile male individual of *H. horridum* in a pine-oak forest at Sierra La Yesca, Nayarit (20.71319° N, 101.28454° W, datum: WGS84, 2108 m elevation; Fig. 1). The specimen measured 340 mm of snout-vent-length. Before capture, we observed the lizard walking on a dirt road ~3 m from the edge of the forest. The individual was released after data collection, nevertheless, we deposited two photographs of the lizard in the digital collection of the Amphibian and Reptile Diversity Research Center of the University of Texas Arlington (UTADC 9739a, b; Fig. 2). The study area has an annual mean temperature of 17.7°C, minimum temperature on the coldest month is 5.7°C, maximum mean temperature of the warmest month is 29.3°C and annual precipitation is 930 mm (climatic data obtain through WorldClim version 2, with 2.5 min resolution; Fick & Hijmans, 2017). The vegetation of the site includes species such as *Pinus lumholtzii*, *P. teocote*, *Quercus castanae*, *Q. eduardii*, *Q. magnifolia*, *Arbustus sp.* and *Calliandra sp.* (Fig. 3).

The closest distribution record of the species is 21 km in straight line. This record was found in a dry forest habitat at an

altitude of 1125 m south of Huajimic (Museum of Comparative Zoology Reptile collection, 6935). On the other hand, the highest elevation record previously documented for this species is 1861 m in the Reserva Estatal Sierra Nanchititla, Estado de México (Monroy-Vilchis et al., 2005). Consequently, our record extends the altitudinal distribution of *H. horridum* by 247 m. Furthermore,

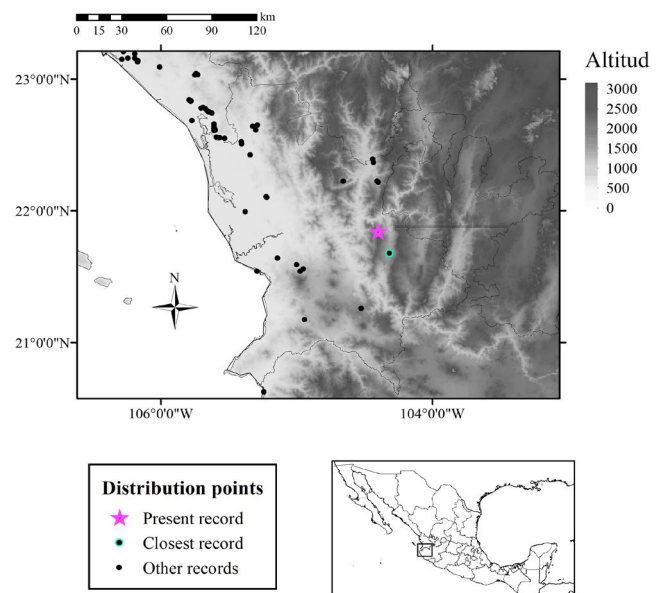


Figure 1. Mapa del presente registro y otros registros de distribución cercanos de *Heloderma horridum* de Nayarit y Sinaloa, México. Datos de distribución obtenidos de VERNET (<http://vernet.org>, consultada en septiembre, 2021).

Figure 1. Map of the present record and other close distribution records of *Heloderma horridum* from Nayarit and Sinaloa, Mexico. Distribution data obtained through VERNET (<http://vernet.org>, consulted in September, 2021).



Figura 2. Individuo de *Heloderma horridum* documentado para este trabajo. UTADC 9739a (top); UTADC 9739b (bottom).

Figure 2. Individual of *Heloderma horridum* documented for this study. UTADC 9739a (arriba); B) UTADC 9739b (abajo).

this new record was higher to the maximum elevation range documented in the Helodermatidae family (2089 m; Beckman et al., 2021). Therefore, we present the highest altitudinal record for *H. horridum* and the family Helodermatidae. Nevertheless, further explorations are required for greater elevations, given that there are a considerable number of localities of *H. horridum* around the new present record. Furthermore, these new explorations might be useful to estimate if this species has been shifting its altitudinal range due to climatic change, as observed in other organisms (Chen et al., 2011; Trochet et al., 2018).

Acknowledgements.— We thank to Posgrado en Ciencias Biológicas of the UNAM and the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) for the postgraduate scholarships



Figura 3. Vista panorámica del bosque de encino-pino en la Sierra de la Yesca, Nayarit (A) y hábitat de *Heloderma horridum* en el sitio registrado (B).

Figure 3. Panoramic view of the oak pine forest in the Sierra de la Yesca, Nayarit (A) and habitat of *Heloderma horridum* in the recorded site (B).

granted to ABD and DABB (CVU numbers 1148030 and 389135, respectively). We are grateful to Ana G. Pérez Delgadillo and Ricardo Palacios Aguilar for their valuable contributions to improve the manuscript. We thank to Greg Pandelis for his support in depositing the photos in the collection. Also, we thank Deli Reyes and Krystal Yedid Álvarez for their help and support identifying the plant species.

CITED LITERATURE

Beckman, D., N. Gonzalez & D.E. Swan. 2021. Highest-known elevation documentation in Gila monster (*Heloderma suspectum*) in the Rincon Mountains, southern Arizona. *Sonoran Herpetologist* 34:69.

- Chen, I.C., J.K. Hill, R. Ohlemüller, D.B. Roy & C.D. Thomas. 2011. Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. *Science* 333:1024-1026.
- Fick, S.E. & R.J. Hijmans. 2017. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37:4302-4315.
- Guadarrama, S.S., H. Domínguez-Vega, H.M. Díaz-Albiter, A. Quijano, E. Bastiaans, P. Carrillo-Castilla, J. Manjarrez, Y. Gómez-Ortíz & V. Fajardo. 2020. Hypoxia by altitude and welfare of captive beaded lizards (*Heloderma Horridum*) in Mexico: Hematological Approaches. *Journal of Applied Animal Welfare Science* 23:74-82.
- Monroy-Vilchis, O., O. Hernández-Gallegos & F. Rodríguez-Romero. 2005. *Heloderma horridum horridum* (Mexican Beaded Lizard). Unusual habitat. *Herpetological Review* 36:450-451.
- Museum of Comparative Zoology, 2017. Harvard University, USA. Subset of data for VERTNET. Record ID: MCZ:Herp:R-6935. http://digir.mcz.harvard.edu/ipt/resource.do?r=mcz_subset_for_vertnet [Consulted in September 2021]
- Reiserer, R.S., G.W. Schuett & D.D. Beck. 2013. Taxonomic reassessment and conservation status of the beaded lizard. "*Heloderma horridum*". *Amphibian & Reptile Conservation* 7:74-96.
- Trochet, A., A. Dupoué, J. Souchet, R. Bertrand, M. Deluen, S. Murarasu, O. Calveza, A. Martinez-Silvestre, I. Verdaguer-Foz, E. Darnet, H. Le Chevalier, M. Mossoll-Torres, O. Guillaume & F. Aubreta. 2018. Variation of preferred body temperatures along an altitudinal gradient: A multi-species study. *Journal of Thermal Biology* 77:38-44.



REPORT OF AGGREGATION BEHAVIOR IN *ERYTHROLAMPRUS POECILOGYRUS CAESIUS* (COPE, 1862) (SERPENTES: DIPSADIDADE) IN THE DRY CHACO

NOTA DE COMPORTAMIENTO DE AGREGACIÓN EN *ERYTHROLAMPRUS POECILOGYRUS CAESIUS* (COPE, 1862) (SERPENTES: DIPSADIDADE) EN EL CHACO SECO

HUGO CABRAL^{1,2,3*}, JUAN F. C. CARRILLO^{3,4}, DIANA CORONEL-BEJARANO^{2,5}, ANDREA CABALLERO-GINI^{2,6} & DIEGO JOSÉ SANTANA³

¹Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, SP, Brazil

²Instituto de Investigación Biológica del Paraguay. Del Escudo 1607, Asunción, Paraguay

³Mapinguari – Laboratório de Biogeografia e Sistemática de Anfíbios e Répteis, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 79070-900, Campo Grande, MS, Brazil

⁴Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Cidade Universitária, CEP 79070-900, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brazil

⁵Programa de Pós-Graduação em Ecologia: Teoria, Aplicação e Valores, Universidade Federal da Bahia, Campus de Ondina, Salvador, Bahia, Brazil

⁶Laboratorio de Genética Evolutiva “Claudio Juan Bidau,” Instituto de Biología Subtropical (IBS, UNaM-CONICET), Félix de Azara 1552, Posadas, 3300, Misiones, Argentina

*Correspondence: huguitocabral@gmail.com

Received: 2021-09-20. Accepted: 2021-11-25. Published: 2022-01-20.

Editor: Antonieta Labra, Chile.

Resumen.— La agregación entre individuos de la misma especie es común en la naturaleza, y ha sido bien estudiada en insectos, mamíferos, aves y peces. Entre los vertebrados, mamíferos, aves y peces son considerados los más sociales. Entre los reptiles, las serpientes también forman agregaciones para reproducción, defensa y mudas, y este comportamiento está relacionado con el reconocimiento de individuos más cercanos. Este estudio documenta los primeros registros de agregación en *Erythrolamprus poecilogyrus caesius*. Hicimos dos observaciones en el Chaco Seco Paraguayo. En la primera observación (2016) encontramos tres adultos de *E. p. caesius* debajo de un tronco caído. La segunda observación ocurrió en tres estanques temporales (2020), donde *E. p. caesius* se agregó en grupos de cinco (juveniles), diez (juveniles y subadultos) y dos (juveniles). La agregación podría reducir los riesgos de depredación, aumentar la supervivencia o el éxito reproductivo, y podría ocurrir en respuesta a señales externas. Futuras investigaciones deben enfocarse en el contexto de la agregación y definir experimentalmente los factores que la desencadenan, y si depende de los recursos ambientales o si es parte de una interacción social.

Palabras clave.— Dieta, historia natural, reproducción, serpientes, Sudamérica, Xenodontinae.

Abstract.— Aggregation among individuals of the same species is a common spatial pattern in nature, and has been well studied in insects, mammals, birds, and fishes. Among vertebrates, mammals, birds, and fishes are considered the most social. Among reptiles, snakes also form aggregations for mating, defense, or communal shedding, and this behavior can be associated to kin and conspecific recognition. Here, we report information on the aggregation behavior in *Erythrolamprus poecilogyrus caesius*. We made two observations in the Dry Chaco of Paraguay. In the first observation (2016) we found three adults of *E. p. caesius* under a fallen trunk. The second observation occurred in three temporary ponds (2020), where *E. p. caesius* aggregated in groups of five (juveniles), ten (juveniles and sub-adults), and two (juveniles). Aggregation can reduce predation risk, increase the survival or the reproductive success, and could occur in response to external cues. Future research must focus on aggregation context and define experimentally the factors that trigger it, and whether it depends on environmental resources, or if it is part of a social interaction.

Keywords.— Diet, natural history, reproduction, snakes, South America, Xenodontinae.

Aggregation can be considered when conspecifics occurs together consistently over the year, or within a specific season during the year (Gardner et al., 2016). Aggregation among individuals of the same species is a common pattern in nature and has been reported in several groups (Gardner et al., 2016). Organismal aggregations can be organized in two groups: those that self-organize, and those that aggregate as a response of external cues such as food and reproduction, described in many organisms, such as bacteria, birds, and reptiles (Perrish & Edelstein-Keshetz, 1999). Good examples of self-organize are bird flocks, fish schools and ungulate herds (Perrish & Edelstein-Keshetz, 1999). Aggregations may occur due to mutual attraction among individuals for reproduction, as a response to environmental cues, food requirements, or defense (Parrish & Edelstein-Keshetz, 1999). Although this social behavior has been well studied, most knowledge about it comes from a small percentage of model species (Bonnet et al., 2002). This behavior has been well studied in some groups of invertebrates and vertebrates (Doody et al., 2012). Among the latter group, mammals, birds, and fishes are considered the most social animals because of the widespread incidence of large, stable aggregations, the complexity of the interactions within these social groupings, the prevalence of prolonged parental care of neonates, and the high level of social deception in some groups (Doody et al., 2012).

Reptiles have often been overlooked regarding this behavior, being usually considered asocial (Doody et al., 2013), probably due to their secretive nature (Skinner & Miller, 2020). Nevertheless, social interactions have been reported for lizards and snakes, including parental vigilance (Ibargüengoytía & Cussac, 2002; Halloy et al., 2007), aggregation for reproduction, defense, communal shedding, and hunting (Reichenbach, 1983; Larsen et al., 1993; Alexander, 2018; Clark et al., 2012; Greene et al., 2002; Shine et al., 2003, 2005). In a recent revision of aggregation in squamates, Gardner et al. (2016) compiled data of 94 species of lizards and snakes with aggregations behavior (Gardner et al., 2016). Although, most observations are reported from lizards and North American snakes, a few observations of aggregation behavior in snakes have been reported in South America. These include communal nesting in *Dipsas mikanii* (Albuquerque & Ferrarezzi, 2004; Braz et al., 2008), mating aggregations in *Boa constrictor* (Bertona & Chiaraviglio, 2003), and aggregation behavior of *Imantodes cenchoa*, likely for reproduction (Thomas, 2019). Here, we reported the aggregation behavior of *Erythrolamprus poecilogyrus caesius* in the Dry Chaco ecoregion.

Erythrolamprus poecilogyrus (Wied-Neuwiedi, 1824) is a medium-sized snake widely distributed in South America

(Cacciali, 2009; Ceí, 1993; Nogueira et al., 2019). This species feeds mainly on amphibians (Andrade et al., 2020; Cabral, Bueno-Villafañe, et al., 2017; Carreira, 2002), and presents both diurnal and nocturnal habits (Cacciali, 2009; Ceí, 1993). Currently, four subspecies are recognized (Uetz et al., 2021): *E. p. poecilogyrus* (Wied-Neuwied, 1825), *E. p. schotti* (Schlegel, 1825), *E. p. sublineatus* (Cope, 1860), and *E. p. caesius* (Cope, 1862). The latter is the only one that occurs in the Gran Chaco (Dinerstein et al., 2017), widely distributed in Northern Argentina, Southern Bolivia, west of Brazil and Paraguay (Cacciali et al., 2016).

The observations presented here are from two localities in the Dry Chaco of Paraguay. The first observation occurred on 5 August 2016 in the Parque Nacional Defensores del Chaco headquarters, known as Fortín Madrejón (20°37'47" S, 59°52'46" W). Approximately at 09:00 h, HC found an individual of *E. p. caesius* under a fallen trunk, and after a few minutes another two individuals were spotted in the same place. After a better inspection of the trunk, some shedding skins were found, which presumably belonged to these individuals (Fig. 1). All specimens were adults, and none were collected.



Figure 1. Vista general del tronco muerto en Fortín Madrejón, sede principal del Parque Nacional Defensores del Chaco. Obsérvese las mudas que fueron acomodadas en el tronco para tomar las fotografías; ellas estaban inicialmente debajo del tronco.

Figure 1. General view of the dead trunk at Fortín Madrejón, headquarters of Parque Nacional Defensores del Chaco. Notice the number of skins that were accommodated in the trunk to take photographs; they were initially under the trunks.

The second observation occurred at the Reserva Natural Cañada el Carmen (21°37'51" S, 62°20'21" W) on 17 December 2020. At 20:30h we found three temporary ponds very close to each other. In the first one (Fig. 2A), with at least 70% of water on the pond, there were at least five juveniles of *E. p. caesius*, one of which was collected as a voucher specimen (IIBP 5701). In the second and larger pond, with approximately 50% of water on the pond (Fig. 2B), there were at least 10 specimens of *E. p. caesius*, mostly juveniles but at least three sub-adults (Fig. 2C), where juveniles of *E. p. caesius* were preying on tadpoles of *Leptodactylus bufonius*. We collected two specimens (one sub-adult and one juvenile) in this pond (IIBP 5699 and 5702, respectively). The third and smaller pond, with 30% of water on the pond (Fig. 2D), which was approximately one meter away from the previous one, we found two juveniles of *E. p. caesius* next to a *L. bufonius* nest. Also, we have evidence that when *L. bufonius* are reproducing,

individuals of *L. p. caesius* predate on tadpoles, directly from the nest (Fig. 3). It is worth mentioning that the temporary ponds were drying up. In the next day, the snakes were still on those ponds.

The Dry Chaco is a semiarid ecoregion with stressful environments and marked climatic seasonality (Cabrera, 1994; Prado, 1993), characterized by xerophytic vegetation formed by a mosaic of grasslands, savannas, open woodlands, and thorny forest (Prado, 1993). The places where we made our observations are situated in one of the warmest areas of the Dry Chaco, with maximum temperatures reaching 48°C in the hottest months (Mereles et al., 2013) and an average annual precipitation between 600 and 800 mm (SEAM, 2016). The first observation shows that, at some extent, adults of *E. p. caesius* exhibit certain level of aggregation. This could be for protection

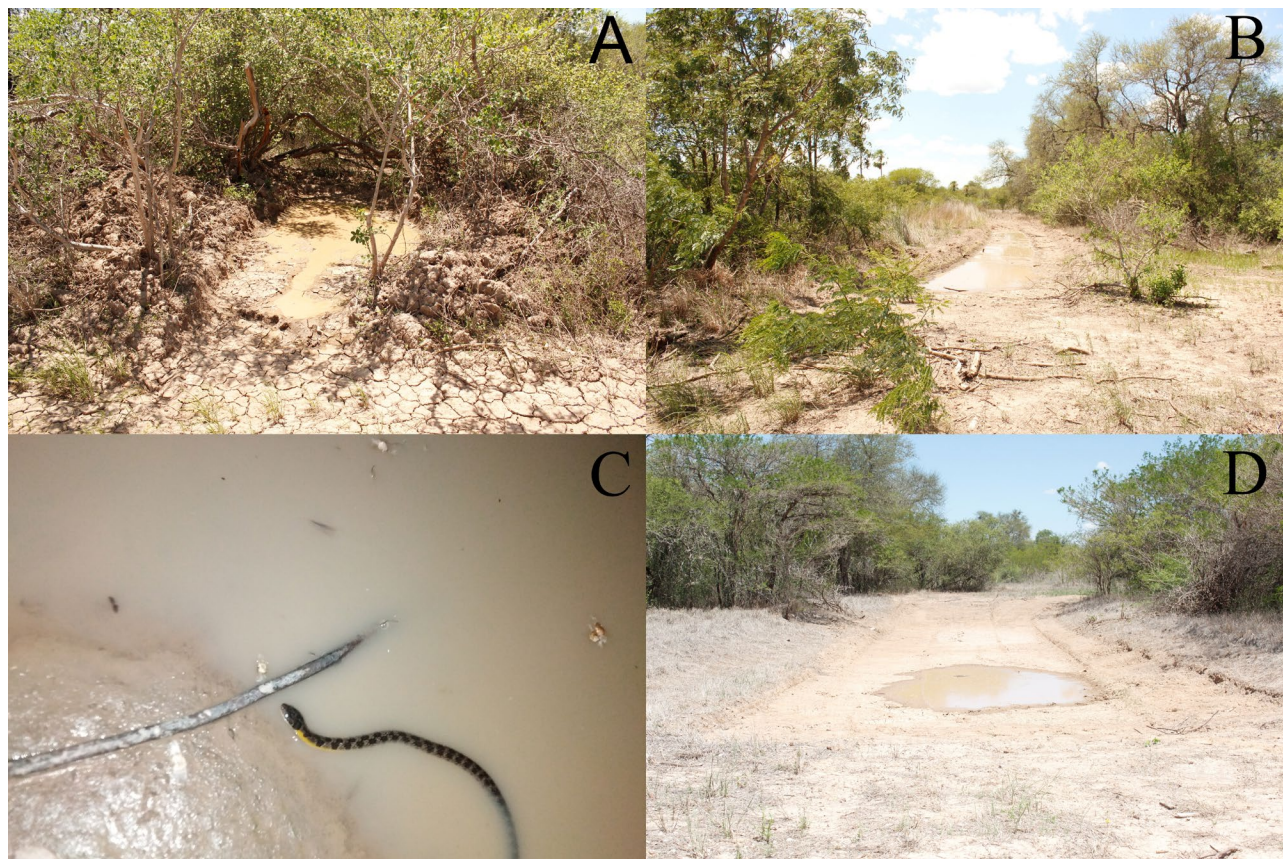


Figura 2. Vista general de la laguna temporal donde los individuos de *Erythrolamprus poecilogyrus caesius* fueron encontrados en la Reserva Cañada el Carmen. Obsérvese los diferentes tamaños de las lagunas. A) Primera laguna temporal con cinco individuos. B) Segunda laguna temporal con al menos 10 ejemplares. C) Ejemplar de un subadulto de *E. p. caesius* encontrado en la segunda laguna. D) Tercera laguna, que se encontraba cerca de la laguna más pequeña donde observamos dos ejemplares.

Figure 2. General view of the temporary pond where individuals of *Erythrolamprus poecilogyrus caesius* were found at Reserva Cañada el Carmen. Notice the different size of ponds. A) The first pond with five individuals. B) The second pond with at least 10 individuals. C) Exemplar of a subadult of *E. p. caesius* found at the second pond. D) The third pond was near at 2 meters to the smallest pond where we spotted two individuals.



Figura 3. Depredación de renacuajos de *Leptodactylus bufonius* por *E. p. caesius*, los renacuajos se encontraban dentro del nido de *L. bufonius*. En ambas observaciones, solo una cuarta parte del cuerpo de la serpiente estaba dentro del nido, después de unos segundos las serpientes abandonan el nido. A) Registro hecho el 10 de Enero 2017 cerca de Pozo Hondo (22°19'47" S, 62°31'44" W), Departamento de Boquerón, Paraguay fotografía de Tatiana Galluppi. B) Registro hecho el 20 de Octubre 2019 en Porto Murinho (21°41'11" S, 57°42'40" W), Mato Grosso do Sul, Brasil.

Figure 3. Predation of tadpoles of *Leptodactylus bufonius* by *E. p. caesius*, tadpoles were inside the nest of *L. bufonius*. In both observations, only one-quarter of the snake body was inside the nest, after a few seconds the snakes leave the nest. A) Record on 10 January 2017 Near Pozo Hondo (22°19'47"S, 62°31'44"W), Boquerón Department, photo by Tatiana Galluppi. B) Record on 20 October 2019 in Porto Murinho (21°41'11"S, 57°42'40"W), Mato Grosso do Sul, Brazil.

against predators and maybe for reproduction, since the species exhibit a continuous reproductive cycle through the entire year (Vitt, 1983; Pinto & Fernandes, 2004; Quintella et al., 2017) although we cannot be sure since we could not determine sex of the observed specimens. The other observations are probably an aggregation of newborns for protection and feeding, or maybe, they were born in the pond and stayed nearby to take advantage

of the remaining water, the shelter it provides in such extreme environments and its amphibians (food) occupants. Apparently, juveniles of the species have an opportunistic behavior for feeding (Cabral et al., 2017). Although it was not yet reported for the species, this behavior could be associated with site fidelity, taking advantage of available resources to survive in extreme conditions, and the absence of any other water resources near for the species to subsist.

Aggregation may occur in response to external cues, such as food finding strategies, which is enhanced in aggregations (Calvert et al., 1979). Also, it has been demonstrated that aggregation could reduce predation rates through predation saturation or dilution (Calvert et al., 1979), thus increasing the survival or reproductive success of organisms (Parrish & Edelman, 1999). Many features of Squamata, such as limited parental care, cooperation, reproduction, and diet strategies, make of this taxon an ideal group for the study of sociality, which has increased considerably since the early 2000s (Gardner et al., 2016). Nevertheless, data on aggregation are still scarce in Squamata and we consider that observations reporting new aggregation in species such as those of this study could help to improve our understanding of the evolution of sociability. Information reported here, provide us a better understanding of how many species exhibit stable aggregations, filling the gaps in the knowledge of this behavior, and how aggregation is reflected in the phylogeny, making possible the comparisons between different groups. Future research must focus on aggregation context and define experimentally what trigger aggregation, and whether it depends on environmental resources, like shelter or food, or if it is part of a social interaction between conspecifics with communication, chemical signals, and kin recognition.

Acknowledgements.– We would like to thank Asociación Guyra Paraguay, especially to Rodrigo Zarate and Pier Cacciali for accommodation and permits to visit the Reserva Cañada el Carmen, and rangers of the reserve, Guillermo Cristaldo, Carolina Álvarez and Johana Rodas, for helping during our stay. We also thank to Tatiana Galluppi for providing the photograph of Figure 3A. We would like to thank Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES) for collection permit N°35/2020. HC and ACG thank the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) for financial support through the Programa Nacional de Incentivo a Investigadores (PRONII), HC also thanks Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brazil) through the Programa de Estudantes-Convênio de Pós-Graduação (PEC-PG) for PhD scholarship. JC thanks Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Funding code 001. DCB thanks the Fundação

de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) for the PhD fellowship. DJS thanks Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico for his research fellowship (CNPq 309420/2020-2).

CITED LITERATURE

- Albuquerque, C.E. & H. Ferrarezzi. 2004. A case of communal nesting in the Neotropical snake *Sibynomorphus mikanii* (Serpentes, Colubridae). *Phyllomedusa* 3:73-77.
- Alexander, G.J. 2018. Reproductive biology and maternal care of neonates in southern African python (*Python natalensis*). *Journal of Zoology* 305:141-148.
- Andrade, H., S. Costa, M. Santos & E. Dias. 2020. Diet review of *Erythrolamprus poecilogyrus* (Wied-Neuwied, 1825) (Serpentes: Dipsadidae), and first record of *Dermatonotus muelleri* (Boettger, 1885) (Anura: Microhylidae) as a prey item in Sergipe State, northeastern Brazil. *Herpetology Notes* 13:1065-1068.
- Bertona, M. & M. Chiaraviglio. 2003. Reproductive biology, mating aggregations, and sexual dimorphism of the Argentine Boa Constrictor (*Boa constrictor occidentalis*). *Journal of Herpetology* 37:510-516.
- Bonnet, X., R. Shine & O. Lourdais. 2002. Taxonomic chauvinism. *Trends in Ecology & Evolution* 17:1-3.
- Braz, H.B.P., F.L. Franco & S.M. Almeida-Santos. 2008. Communal egg-laying and nest-sites of the Goo-eater Snake, *Sibynomorphus mikanii* (Dipsadidae, Dipsadinae) in southeastern Brazil. *Herpetological Bulletin* 106:26-30.
- Cabral, H., D. Bueno-Villafañe & L. Romero-Nardelli. 2017. Comments on the diet of juvenile *Erythrolamprus poecilogyrus caesius* (Serpentes: Dipsadidae) in the Paraguayan Chaco. *Phyllomedusa* 16:299-302.
- Cabral, H., V. Rojas, T. Galluppi, E. Ortiz & M. Baez. 2017. Comments on the diet of *Bothrops alternatus* Duméril, Bibron & Duméril, 1854. *Herpetology Notes* 10:219-220.
- Cabrera, A. 1994. Regiones fitogeográficas argentinas. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, Tomo II, fascículo 1*, Buenos Aires, Argentina.
- Cacciali, P. 2009. Guía para la identificación de 60 Serpientes del Paraguay. Asociación Guyra Paraguay, Asunción, Paraguay.
- Calvert, W.H., L.E. Hedrick & L.P. Brower. 1979. Mortality of the monarch butterfly (*Danaus plexippus* L.): Avian predation at five overwintering sites in Mexico. *Science* 204:847-851.
- Carreira, S. 2002. Alimentación de los ofidios de Uruguay. *Monografías de Herpetología* 6:1-127.
- Cei, J. 1993. Reptiles del noroeste, nordeste y este de la Argentina. *Museo Regionale Sci. Naturale Torino* 14:1-949.
- Clark, R.W., W.S. Brown, R. Stechert & H.W. Greene. 2012. Cryptic sociality in rattlesnakes (*Crotalus horridus*) detected by kinship analysis. *Biology Letters* 8:523-525.
- Dinerstein E, D. Olson, A. Joshi, C. Vynne, N.D. Burgess, E. Wikramanayake, N. Hahn, S. Palminteri, P. Hedao, R. Noss, M. Hansen, H. Locke, E.C. Ellis, B. Jones, C.V. Barber, R. Hayes, C. Kormos, V. Martin, E. Crist, W. Sechrest, L. Price, J.E.M. Baillie, D. Weeden, K. Suckling, C. Davis, N. Sizer, R. Moore, D. Thau, T. Birch, P. Potapov, S. Turubanova, A. Tyukavina, N. de Souza, L. Pintea, J.C. Brito, O.A. Llewellyn, A.G. Miller, A. Patzelt, S.A. Ghazanfar, J. Timberlake, H. Klöser, Y. Shennan-Farpon, R. Kindt, J.P.B. Lillesø, P. van Breugel, L. Graudal, M. Vogé, K.F. Al-Shammari & M. Saleem. 2017. An ecoregion-based approach to protecting half the terrestrial realm. *BioScience* 67:534-545.
- Doody, J.S., G.M. Burghardt & V. Dinets. 2013. Breaking the social-non-social dichotomy: A role for reptiles in vertebrate social behavior research? *Ethology* 119:95-103.
- Gardner, M.G., S.K. Pearson, G.R. Johnston & M.P. Schwarz. 2016. Group living in squamate reptiles: a review of evidence for stable aggregations. *Biological Reviews* 91:925-936.
- Graves, B. & D. Duvall. 1995. Aggregation of squamate reptiles associated with gestation, oviposition, and parturition. *Herpetological Monographs* 9:102-119.
- Graves, B. & M. Halpern. 1988. Neonate plains garter snakes (*Thamnophis radix*) are attracted to conspecific skin extracts. *Journal of Comparative Psychology* 102:251-253.
- Greene, H., P. May, D. Hardy, J. Sciturre & T. Farrel. 2002. Parental behavior by vipers. Pp. 179-206. In G. Schuett, M. Höggren, M. Douglas & H. Greene (Eds.), *Biology of the vipers*. Eagle Mountain: Eagle Mountain Publishing, Utah, USA.
- Halloy, M., J.M. Boretto & N.R. Ibarguengoytia. 2007. Signs of parental behavior in *Liolaemus elongatus* (Sauria: Liolaemidae)



- of Neuquén, Argentina. *South American Journal of Herpetology* 2:141-147.
- Ibargüengoytía, N.R. & V.E. Cussac. 2002. Body temperatures of two viviparous *Liolaemus* lizard species, in Patagonian rain forest and steppe. *Herpetological Journal* 12:131-134.
- Janzen, D. 1967. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America. *Evolution* 21:620-637.
- Larsen, K., P. Gregory & R. Antoniak. Reproductive ecology of the common Garter snake *Thamnophis sirtalis* at the northern limit of its range. *American Midland Naturalist* 129:336-345.
- Mereles, F., J.L. Cartes, R.P. Clay, P. Cacciali, C. Paradedá, O. Rodas & A. Yanosky. 2013. Análisis cualitativo para la definición de las ecorregiones de Paraguay Occidental. *Paraquaria Natural* 1:12-20.
- Nogueira C.C., A.J.S. Argôlo, V. Arzamendia, J.A. Azevedo, F.E. Barbo, R.S. Bérnils, B.E. Bolochio, M. Borges-Martins, M. Brasil-Godinho, H. Braz, M.A. Buononato, D.F. Cisneros-Heredia, G.R. Colli, H.C. Costa, F.L. Franco, A. Giraudo, R.C. Gonzalez, T. Guedes, M.S. Hoogmoed, O.A.V. Marques, G.C. Montingelli, P. Passos, A.L.C. Prudente, G.A. Rivas, P.M. Sanchez, F.C. Serrano, N.J. Silva, C. Strüssmann, J.P.S. Vieira-Alencar, H. Zaher, R.J. Sawaya & M. Martins. 2019. Atlas of Brazilian snakes: verified point-locality maps to mitigate the wallacean shortfall in a megadiverse snake fauna. *South American Journal of Herpetology* 14:1-275.
- Parrish, J.K. & L.E. Keshetz. 1999. Trade-offs in animal aggregation. *Science* 284:99-101.
- Pinto, R. & R. Fernandes. 2004. Reproductive biology and diet of *Liophis poecilogyrus poecilogyrus* (Serpentes, Colubridae) from southeastern Brazil. *Phyllomedusa* 3:9-14.
- Prado, D. 1993. What is the Gran Chaco vegetation in South America? I: A review. Contribution to the study of flora and vegetation of the Chaco. V. *Candollea* 48:145-172.
- Quintella, F., W. Marques & D. Loebmann. 2017. Reproductive biology of the green ground snake of the green ground snake *Erythrolamprus poecilogyrus sublineatus* (Serpentes: Dipsadidae) in Subtropical Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 89:2189-2197.
- Reichenbach, N. 1983. An aggregation of female Garter snakes under corrugated metal sheets. *Journal of Herpetology* 17:412-413.
- Shine, R., T. Langkilde & R.T. Mason. 2003. Confusion within “mating balls” of garter snakes: Does misdirected courtship impose selection on male tactics? *Animal Behaviour* 66:1011-1017.
- Shine, R., T. Shine, J.M. Shine & B.G. Shine. 2005. Synchrony in capture dates suggests cryptic social organization in sea snakes (*Emydocephalus annulatus*, Hydrophiidae). *Austral Ecology* 30:805-811.
- Skinner, M. & N. Miller. 2020. Aggregation and social interaction in Garter snakes (*Thamnophis sirtalis sirtalis*). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 74:1-13.
- Thomas, O. 2019. Aggregation behaviour in the common Blunt-headed Tree snake (*Imantodes cenchoa*; Linnaeus, 1758). *Captive and Field Herpetology* 3:23-25.
- Uetz, P., P. Freed & J. Hošek (Eds.). 2021. The reptile database. <http://www.reptile-database.org> [accessed on November 2021].
- Vitt, L. 1983. Ecology of an anuran-eating guild of terrestrial tropical snakes. *Herpetologica* 39:52-66.



FIRST RECORDS OF REPRODUCTIVE CHARACTERISTICS FOR THE PATAGONIAN LIZARD, *LIOLAEMUS XANTHOVIDIS* (IGUANIA: LIOLAEMIDAE)

PRIMEROS REGISTROS DE CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS DE LA LAGARTIJA PATAGÓNICA, *LIOLAEMUS XANTHOVIDIS* (IGUANIA: LIOLAEMIDAE)

PAULA C. ESCUDERO^{*}, MARÍA A. GONZÁLEZ MARÍN¹ & LUCIANO J. AVILA¹

¹Instituto Patagónico para el Estudio de los Ecosistemas Continentales (IPEEC-CONICET). Grupo de Herpetología Patagónica (GHP-LASIBIBE). Puerto Madryn, Bld. Alte. Brown 2915, (U9120ACD), Puerto Madryn, Argentina.

*Correspondence: paulaescudero2@gmail.com

Received: 2021-07-08. Accepted: 2021-10-26. Published: 2022-01-27.

Editor: Antonieta Labra, Chile.

Resumen.— *Liolaemus* presenta es de las mayores radiaciones de lagartijas con más de 289 especies descritas. Se sabe poco sobre las características reproductivas y la historia natural de la mayoría de estas especies. Dentro del grupo *L. fitzingerii*, encontramos la especie *L. xanthoviridis*, la cual se distribuye en un área alrededor de la meseta de Montemayor en la costa atlántica oriental de la provincia de Chubut, Argentina. Aquí, presentamos los primeros datos sobre algunos rasgos reproductivos de esta especie. *L. xanthoviridis* es una especie ovípara, que presentó una reproducción estacional (primavera - verano) y el tamaño de la camada se asoció positivamente con el tamaño de la hembra, en promedio el tamaño de puesta fue de ocho huevos.

Palabras claves.— Lagartija de Rawson, Patagonia, cópula, tamaño de puesta.

Abstract.— *Liolaemus* is one of the largest radiations of lizards with more than 289 species described. Little is known about the reproductive characteristics and natural history of the majority of these species. Within the *L. fitzingerii* group, we find *L. xanthoviridis* is distributed in an area around the Montemayor Plateau in the eastern Atlantic coast of Chubut Province, Argentina. We present the first data on some reproductive traits of this species. *Liolaemus xanthoviridis* is an oviparous species, that presented a seasonal reproduction (spring - summer) and the clutch size was positively associated with female size, in average the clutch size was eight eggs.

Key words.— Rawson's lizard, Patagonia, mating, clutch size.

Liolaemus is one of the largest radiation of neotropical lizards with more than 289 species described (Uetz, 2021) along a variety of habitats found mainly along Andean and Patagonian aridlands. Reproductive characteristics and natural history are known only for a relatively small number of species, and in some clades, information is only anecdotal, following observations included in the original description or some general mentions in publications focused in other topics. Within the *L. fitzingerii* group (*sensu* Avila et al., 2006; partially equivalent to “*fitzingerii* clade” to Abdala, 2007) no contributions have been made on almost any aspect of its ecology, biology or natural history. This lizard clade occurs along Patagonian and southern Monte habitats between Colorado and Santa Cruz river basins, along Neuquén, Río Negro, Chubut and Santa Cruz provinces, Argentina (Avila et al., 2006; Abdala, 2007), and include two species complex: *fitzingerii*

and *melanops* (Avila et al., 2006). Within the *fitzingerii* complex five species have been described: *L. fitzingerii*, *L. xanthoviridis*, *L. chehuachekenk*, *L. shehuen* and *L. camarones*, but despite their size and commonness, only anecdotal data about the natural history of the species have been published.

Liolaemus xanthoviridis, Cei & Scolaro 1980, is distributed in an area of approximately 50 x 200 km located around the Montemayor Plateau (Rawson, Gaiman and Florentino Ameghino Departamentos) in the eastern Atlantic coast of Chubut Province, Argentina. This species lives mainly around clusters of spiny trees or bushes on a substrate of loose or sandy soils. They are sexually dimorphic in size with males larger and more robust than females (mean snout vent length ± standard deviation = 82.34 ± 7.75 mm vs. 78.39 ± 6.48 mm; Escudero, 2016). In both



Figura 1. Cópula entre hembra 11 y macho 17 (mostacilla amarilla y naranja en la base de la cola) de *Liolaemus xanthoviridis*, en Bahía Isla Escondida, Chubut, Argentina.

Figure 1. Mating between female 11 and male 17 (yellow and orange beads in the tail base) of *Liolaemus xanthoviridis*, in Bahía Isla Escondida, Chubut, Argentina .

sexes, individuals show a noticeable polymorphism in the dorsal coloration (yellow-green to orange) and in the distribution of the ventral melanism (Escudero, 2016; Escudero et al., 2016). While there is some knowledge of their biology and ecology in its original description by Cei & Scolaro (1980) and recently by Escudero et al. (2016; 2017; 2020), there is no information about its reproductive biology. We present here the first data on some reproductive traits of *L. xanthoviridis*, registered under natural and laboratory condition, obtained within the framework of an ecological study of the species.

A. L. xanthoviridis population located in Isla Escondida Bay was studied for five years. The study site was located in an area of coastal dunes between the gravel shore and a temporary river, approximately 50 km south of Rawson city (Chubut, Argentina).

The study of reproductive characteristics was conducted during two activity seasons (October 2013 to mid-March 2014 and October 2014 to mid-March 2015) using capture-mark-recapture sampling system. In the study area a grid of 100 x 100 m was demarcated and every time an individual was captured (using a forked stick) we recorded its sex, snout-vent length (SVL, with a Mitutoyo® caliper to the nearest 0.01 mm) and mass (with a Pesola® scale to the nearest 0.1 gr). Each lizard was marked individually with beads (see Fig.1) and toe clipping, which was processed quickly (< 5 min) at the capture site, and released immediately. All the results reported in this study were obtained from live specimens, by observing their behaviors in the field, by the successive marking and recapturing of the animals and by observations in laboratory. The gravid females were assessed by ventral palpation to detect enlarged ovarian follicles or

Tabla 1. Medidas morfométricas de las hembras preñadas y de la puesta de *Liolaemus xanthoviridis* de Bahía Isla Escondida, Chubut, Argentina.

Table 1. Morphometric measurements of gravid females and the clutches of *Liolaemus xanthoviridis* from Bahía Isla Escondida, Chubut Argentina.

	Mean ± SD	Min.	Max.	n
Female SVL (mm)	80.42 ± 5.60	71.00	89.00	12
Female body mass (g)	17.56 ± 3.86	11.00	23.50	12
Female body mass post oviposition (g)	10.90 ± 2.55	7.00	15.00	12
Clutch size	8.00 ± 1.70	5.00	11.00	12
Egg volume (mm ³)	799.92 ± 1.68	349.78	1113.25	12
Egg length (mm)	15.92 ± 1.89	12.21	18.40	12
Egg width (mm)	9.66 ± 1.01	7.40	10.75	12

oviductal eggs (Rúa & Galán, 2003), and the period of oviposition was estimated through observations in laboratory and field observations of females with lateral skin folds in successive recaptures, which is indicative of a recent egg-laying event (Rúa & Galán, 2003).

In addition, gravid females were collected in areas near the study grid, which were transported to the laboratory and housed in individual terrariums, measuring 120 × 40 × 40 cm. Lizards were maintained on a photoperiod 10Light: 14Darkness (similar to the conditions of their natural environment) and heat was supplied with an infrared lamp of 150 Watt. Lizards were fed with live insects (*Tenebrio molitor* larvae) and fruits of “yaoyín” (*Lycium chilense*); water was supplied *ad libitum*. The terrarium substrate was sand, similar to their natural environment, creating a suitable environment for laying eggs. Snout-vent length and body mass were recorded for each female and with these data the body condition was calculated like scaled mass index method, proposed by Peig and Green (2009, 2010), which standardizes body mass at a fixed value of a linear body measurement based on the scaling relationship between mass and length, applying the following equation: $\bar{M}_i = M_i [L_0/L_i]^{b_{SMA}}$, where M_i and L_i are the body mass and linear body measurement of individual i , respectively; L_0 is the arithmetic mean of a linear body measurement of the species studied; b_{SMA} is the scaling exponent estimated by standardized major axis regression between M on L . Ventral palpation on each female was performed

periodically in order to detect the presence of eggs in oviducts. Immediately after laying, each female was weighted. Number of eggs as well as their lengths and widths were also recorded. Egg volume was estimated as $V = 4/3\pi a^2b$, where $a = 1/2$ width and $b = 1/2$ length. Egg characteristics were in all cases determined within 8 hr of laying. We perform Simple Linear Regressions to analyze the relationship between the clutch size with the SVL, mass and body condition of the female. Similarly, the relationship between egg volume and SVL, mass and condition of the female was analyzed. The analyses were carried out in the software R 4.1.1.

This research was conducted with the approval of the Dirección de Fauna y Flora Silvestre de la Provincia de Chubut (collecting permits #37/2012 [Exp.-02304/12]-MP and #17/2015 [Exp. 0425/15]-MDTySP, issued by Law XI (#10), Dec. Regl. 868/90 y Disp. #48/08, DFyFS-SSRN-MIAyG]). Animal care procedures follow the guidelines approved by COSELABI-CENPAT and CONICET under the Argentinean National Law #14346. To our knowledge, our study followed the advices presented in the document ASIH-HL-SSAR (Beaupre, 2004).

During the first activity season (austral spring), the first copulation was recorded in the field on October 18, 2013, at 15:24 and lasted three minutes. During copulation the male held the female by hugging her side and biting her neck (Fig. 1), after the copulation the male released the female and she left. We were unable to record pre-mating behavior.

Between October and December 2013, a total of 23 females were captured in the study grid. Eight females showed no signs of being gravid and 15 appeared to be gravid. Of these 15 females, 11 showed signs of oviposition (lateral folds) and a sharp weight loss was recorded between mid to late December 2013, the remaining four gravid females were not recaptured in successive samplings to confirm the oviposition. On the other hand, in areas near the study grid, in November 2013, five females were captured, marked by toe clipping, and transported to the laboratory where they were kept in individual terrariums. All females laid their eggs between the 11th and 15th of November, the smallest female measuring 77mm SVL.

Between January to March 2014, another 21 females were captured in the study grid, but none showed signs to be gravid. At the same time, six females were caught (in areas near the grid), marked and transported to the laboratory where they were kept in individual terrariums; none showed signs to be gravid or egg laying. By mid-January first newborns of the season were observed in the field.

In the second season of activity, between October and December 2014, we captured 31 females in the study grid, of which 24 were pregnant, as eggs were evident. Moreover, in October 2014, 10 females were caught (in areas near the grid), marked and transported to the laboratory where they were kept in individual terrariums. Seven females laid their eggs between the 7 and 25 de November 2014, the smallest female measuring 71mm SVL. The remaining females did not lay eggs. Between January to March 2015, 26 females were captured (in the study grid) but none showed signs to be gravid.

Table 1 summarizes morphometric measurements of gravid females (kept in the laboratory) and their clutches. A significant and positive relationship between clutch size, SVL and mass of the female was found, but not with the condition of the female (F-statistic(clutch size, SVL): 6.20, p-value= 0.03, DF= 10, R²= 0.32; F-statistic(clutch size, mass)= 11.10, p-value> 0.01, DF= 10, R²= 0.48 and F-statistic(clutch size, condition of the female)= 1.95, p-value= 0.19, DF= 10, R²= 0.08 respectively). We found no relationship between the volume of the eggs and the same variables (F-statistic(volume of the eggs, SVL)= 0.02, p-value= 0.89, DF= 10, R²= 0.00; F-statistic(volume of the eggs, mass)= 0.375, p-value= 0.55, DF= 10, R²= 0.00 and F-statistic(volume of the eggs, condition of the female)= 2.26, p-value= 0.16, DF= 10, R²= 0.10 respectively).

From these data we can infer that the period of activity of *Liolaemus xanthoviridis* could be divided into two, depending on the reproductive cycle. Between October and December, mating and oviposition occur, while between January and March, the emergence of the first newborns mark the moment when hatching occurs. This type of seasonal reproduction (Spring-Summer) has been reported for other oviparous species of *Liolaemus* at low altitude environments such as *L. kuhlmani* (Ortiz & Zunino, 1976), *L. nigromaculatus*, *L. zapallarensis* (Ortiz, 1981), *L. wiegmanni* (Ramírez-Pinilla, 1991), *L. koslowskyi* (Martori & Aun, 2010), *L. multimaculatus* (Kacoliris et al., 2012), and *L. occipitalis* (Verrastro & Rauber, 2013).

Interestingly, this species has the largest clutch size recorded for the gender in Argentina; probably related to the fact that this is one of the largest species of *Liolaemus*, given that we found a positive relationship between clutch size, SVL and mass of the female, this positive correlation has been reported for others *Liolaemus* lizards (Martori & Aun, 1997; Pincheira-Donoso & Tregenza, 2011; Ramírez-Pinilla 1994; Rocha, 1992; Troncoso-Palacios & Labra, 2017). Although detailed studies are needed to elucidate the reproductive cycle of this species, the data

generated from this study allow us to establish the first bases on the subject.

Acknowledgements.— We thank Blum R., Medina C., Olave M., Minoli I. and Natali L. for field assistance. The field work was made possible by grant projects FONCYT PICT-2011-0784 “Evolución ecomorfológica, dimorfismo sexual, y especiación en lagartijas del grupo *Liolaemus darwini* (Squamata: Iguania: Liolaemini)”, CONICET PUE 2016-0044 and FONCYT-PICT 2017-4583.

CITED LITERATURE

- Abdala, C.S. 2007. Phylogeny of the boulengeri group (Iguania: Liolaemidae: *Liolaemus*) based on morphological and molecular characters. *Zootaxa* 1538:1-84.
- Avila, L.J., M. Morando & J.W. Sites, Jr. 2006. Congeneric phylogeography: hypothesizing species limits and evolutionary processes in Patagonian lizards of the *Liolaemus boulengeri* group (Squamata: *Liolaemini*). *Biological Journal of the Linnean Society* 89:241-275.
- Cei, J.M. & J.A. Scolaro. 1980. Two new subspecies of the *Liolaemus fitzingeri* complex from Argentina. *Journal of Herpetology* 14:37-43.
- Escudero, P.C. 2016. Polimorfismo de coloración, melanismo y estrategias reproductivas en una población de lagartijas Patagónicas del grupo *Liolaemus fitzingerii*. Ph.D. diss., Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Escudero, P.C., D.B. Tucker, L.J. Avila, J.W. Sites Jr., & M. Morando. 2017. Distribution of genetic diversity within a population of *Liolaemus xanthoviridis* and an assessment of its mating system, as inferred with microsatellite markers. *South American Journal of Herpetology* 12:183-192.
- Escudero, P.C., I. Minoli, M.A. González Marín, M. Morando & L.J. Avila. 2016. Melanism and ontogeny: a case study in lizards of the *Liolaemus fitzingerii* group (Squamata: Liolaemini). *Canadian Journal of Zoology* 94:199-206.
- Escudero, P.C., M.A. González Marín, M. Morando & L.J. Avila. 2020. Use of space and its relationship with sex, body size, and color polymorphism in *Liolaemus xanthoviridis* (Iguania: Liolaemini) in Patagonia. *Journal of Herpetology* 54:57-66.

- Kacolis, F.P., J.D. Williams & M.A. Velasco. 2012. Lagartijas de las dunas. Conservación de una especie carismática. Neotropical Grassland Conservancy. Buenos Aires.
- Martori, R. & L. Aun. 2010. Reproducción y variación de grupos de tamaño en una población de *Liolaemus koslowskyi* (Squamata: Liolaemini). Cuadernos de Herpetología 24:39-55.
- Martori, R.A. & Aun, L. 1997. Reproduction and fat body cycle of *Liolaemus wiegmannii* in central Argentina. Journal of Herpetology 31:578-581.
- Ortiz, J.C. & S. Zunino. 1976. Ciclo reproductor de *Liolaemus micromaculatus kuhlmani*. Annales du Muséum National d'Histoire Naturelle 9:127-132.
- Ortiz, J.C. 1981. Revision taxonomique et biologic des *Liolaemus* du groupe nigromaculatus (Squamata: Iguanidae). Doctoral Thesis Universite Paris WI. France.
- Peig, J. & A.J. Green. 2009. New perspectives for estimating body condition from mass/length data: the scaled mass index as an alternative method. Oikos 11:1883-1891.
- Peig, J. & A.J. Green. 2010. The paradigm of body condition: a critical reappraisal of current methods based on mass and length. Functional Ecology 24:1323-1323.
- Pincheira-Donoso, D. & T. Tregenza. 2011. Fecundity selection and the evolution of reproductive output and sex-specific body size in the *Liolaemus* lizard adaptive radiation. Evolutionary Biology 38:197-207.
- Ramírez-Pinilla, M.P. 1991. Reproductive and fat body cycles of the lizard *Liolaemus wiegmanni*. Amphibia Reptilia 12:195-02.
- Ramírez-Pinilla, M.P. 1994. Reproductive and fat body cycles of the oviparous lizard *Liolaemus scapularis*. Journal of Herpetology 28: 521-524.
- Rocha, C.F.D. 1992. Reproductive and fat body cycles of the tropical sand lizard (*Liolaemus lutzae*) of southeastern Brazil. Journal of Herpetology 26:17-23.
- Rúa, M. & P. Galán. 2003. Reproductive characteristics of a lowland population of an alpine lizard: *Lacerta monticola* (Squamata, Lacertidae) in north-west Spain. Animal Biology 53:347-366.
- Troncoso-Palacios, J. & A. Labra. 2017. New egg laying record for *Liolaemus chiliensis* (Lesson, 1830) (Iguania: Liolaemidae). Herpetology Notes 10:529-531.
- Uetz, P. (Ed.) 2021. The Reptile Database, <http://www.reptile-database.org>, [accessed October 25, 2021]
- Verrastro, L. & R.C. Rauber. 2013. Reproducción de las hembras de *Liolaemus occipitalis* Boulenger, 1885, (Iguania, Liolaemidae) en la región sur de Brasil. Boletín de la Sociedad Zoologica del Uruguay 22:84-98.
- Weiss, S.L. 2006. Female-specific color is a signal of quality in the striped plateau lizard (*Sceloporus virgatus*). Behavioral Ecology 17:726-73.



LÍMITE DE ELEVACIÓN DE LA SALAMANDRA *ISTHMURA BELLII* (GREY, 1850) EN MÉXICO

ELEVATIONAL LIMIT OF THE SALAMANDER *ISTHMURA BELLII* (GREY, 1850) IN MEXICO

LEONARDO PONCE-ROSALES^{1*}, OSWALDO HERNÁNDEZ-GALLEGOS¹, OMAR RANGEL-TORRES² & JESSICA JASO-MARTÍNEZ³

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

²Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera” Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, C.U, Universidad Nacional Autónoma de México., Coyoacán, 04510 Ciudad de México, México.

³Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. De los Barrios no. 1, Col. Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México. 54090. México.

*Correspondence: lponce.biocienciasb@gmail.com

Received: 2021-10-09. Accepted: 2021-12-03. Published: 2022-01-27.

Editor: Sean Rovito, México.

Abstract.— *Isthmura bellii*, known as “Tlaconete rojo” (Bell’s False Brook Salamander), is one of the largest Neotropical salamanders with a wide distribution and has the largest recorded elevational range of any salamander. In this note, we extend its elevational limit.

Key words.— Elevation, Plethodontidae, elevational range, salamander, Bell’s False Brook Salamander.

Resumen.— El Tlaconete rojo (*Isthmura bellii*) es una de las salamandras neotropicales de mayor tamaño con amplia distribución y cuenta con el récord del intervalo de elevación más grande que cualquier otra salamandra. En el presente trabajo registramos una elevación que supera lo reportado.

Palabras claves.— Elevación, plethodontidae, rango de elevación, salamandra, tlaconete rojo.

Ciudad de México es una de las áreas urbanas más pobladas del mundo, y la modificación de su hábitat natural probablemente influya en la diversidad biológica que se encuentra allí. En particular, los anfibios y reptiles se ven afectados por estas modificaciones. Quince de las 18 especies de anfibios que se encuentran en Ciudad de México son endémicas de México entre ellas destaca el Tlaconete rojo *Isthmura bellii* (Gray, 1850) (Lemos-Espinal & Smith, 2020).

Isthmura bellii, anteriormente *Pseudoeurycea bellii* (Rovito et al., 2015), es una de las salamandras neotropicales más grandes, alcanza los 146 mm de longitud hocico-cloaca (LHC) (Parra-Olea et al., 2005), tiene una cola robusta de menor tamaño que el cuerpo, un pliegue gular y 13 pliegues costales entre la axila y la ingle. La coloración dorsal está compuesta por manchas pareadas rojizas en el dorso en un fondo oscuro que recubre el cuerpo (Canseco-Márquez & Gutiérrez-Mayen, 2010). Actualmente

I. bellii se encuentra bajo la categoría de Amenazada (A) según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010) y en categoría de Preocupación menor (Least Concern, LC) la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

La salamandra *I. bellii* es una especie endémica de México, presenta amplia distribución, que abarca desde Nayarit, Zacatecas, en el noroeste de los estados de Jalisco y Michoacán, en la Sierra Madre Oriental (Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, San Luis Potosí y Tamaulipas), la Sierra Madre del Sur (Guerrero) y a lo largo de la Faja Volcánica Transmexicana (Ciudad de México, Puebla, Morelos, Tlaxcala, Estado de México) (Smith & Taylor, 1948; Parra-Olea et al., 2005; Lemos-Espinal & Smith 2020). Además de presentar la distribución más amplia del género, ocupa una gran variedad de hábitats como bosque de pino y bosque de pino-encino (tanto dentro del bosque como en los bordes del bosque) (Parra-Olea et al., 2005). Además, cuenta



Figure 1. Individuo encontrado de *Isthmura bellii* en Valle de Tezontle, Ajusco. Foto: Omar Rangel-Torres.

Figura 1. Individual of *Isthmura bellii* found at Valle de Tezontle, Ajusco. Photo: Omar Rangel-Torres

con el record de elevación más amplio de cualquier salamandra (Feder et al., 1982; Parra-Olea et al., 2005). Feder et al. (1982) registraron siete localidades en donde se presenta *I. bellii*, y los extremos del intervalo de elevación que encontraron en esos sitios fueron de 730 y 3 320 m s.n.m.

Durante un recorrido el 27 de agosto del 2021 a las 15:30 h en la localidad denominada “Valle de Tezontle” en Ajusco, México (19.21579° N, 99.28140° O) a una elevación de 3 444 m s.n.m. en una zona de bosque de pino con abundante pastizal y rocas, se registró un individuo de *I. bellii* debajo de una roca (Fig. 1); el individuo medía aproximadamente 130 mm de longitud total (LT). La elevación registrada representa la mayor elevación conocida para *I. bellii*. Es imprescindible continuar con muestreos de poblaciones herpetofaunísticas en la zona de estudio, debido a que es un lugar perturbado por actividades antropogénicas, en particular actividades recreativas en donde no existe regulación alguna para realizarlas, lo anterior pone en riesgo la comunidad de anfibios y reptiles que habita el lugar.

Agradecimientos.– A los colegas Raya Santiago, Karen Páez y el grupo COATLAN por acompañarnos en los recorridos y a la Dra. Gabriela Parra por brindarnos apoyo con literatura.

LITERATURA CITADA

- Canseco-Márquez, L. & M. Gutiérrez-Mayen. 2010. Anfibios y Reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Fundación para la Reserva de la Biosfera Cuicatlán A. C., Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Ciudad de México, México Pp. 91.
- DOF. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental de especies nativas de México de flora y fauna silvestres. https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5173091 [Consultado septiembre 2021].
- Feder, M., T. Papenfuss & D. Wake. 1982. Body size and elevation in Neotropical salamanders. *Copeia* 1982:186-188.

Lemos-Espinal, J.A. & G.R. Smith. 2020. A conservation checklist of the amphibians and reptiles of Mexico City, with comparisons with adjoining states. *ZooKeys* 951:109-131.

Lemos-Espinal, J.A. & G.R. Smith. 2020. A conservation checklist of the amphibians and reptiles of the State of Mexico, Mexico with comparisons with adjoining states. *ZooKeys* 953:137-159.

Parra-Olea, G., M. García-París, T. Papenfuss & D. Wake. 2005. Systematics of the *Pseudoeurycea belli* (Caudata: Plethodontidae) species complex. *Herpetologica* 61:145-158.

Rovito, S.M., G. Parra-Olea, E. Recuero & D. Wake. 2015. Diversification and biogeographical history of Neotropical plethodontid salamanders. *Zoological Journal of the Linnean Society* 175:167-188.



DIET AND FEEDING BEHAVIOR OF THE MUSSURANA (*CLELIA CLELIA*, SERPENTES: DIPSADIDAE) IN COSTA RICA: REPORT OF FIVE CASES

DIETA Y COMPORTAMIENTO ALIMENTARIO DE LA ZOPILOTA (*CLELIA CLELIA*, SERPENTES: DIPSADIDAE) EN COSTA RICA: INFORME DE CINCO CASOS

ALEJANDRO SOLÓRZANO^{1*} & MAHMOOD SASA^{1,2}

¹Museo de Zoología, Centro de Investigaciones en Biodiversidad y Ecología Tropical, Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica

²Instituto Clodomiro Picado y Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica

*Correspondence: solorzano29@gmail.com

Received: 2021-05-10. Accepted: 2021-11-07. Published: 2022-01-27.

Editor: Adrian García-Rodríguez, Costa Rica.

Resumen.— Presentamos una serie de eventos de depredación de la serpiente ofiófaga *Clelia clelia* (Serpentes: Dipsadidae) en diferentes regiones de Costa Rica y comentamos sobre la estrategia utilizada para cazar e inmovilizar las presas.

Palabras claves.— Reptilia, Serpentes, *Clelia clelia*, hábitos alimenticios, estrategias de forrajeo, Costa Rica.

Abstract.— We present a series of predation events by the ophiophagous snake *Clelia clelia* (Serpentes: Dipsadidae) from different regions of Costa Rica and comment on the strategy used to hunt and subdue the prey.

Key words.— Reptilia, Serpentes, *Clelia clelia*, food habits, foraging strategy, Costa Rica.

The Mussurana or locally called “Zopilota” (*Clelia clelia*), is a large snake species (2.5-3 m) that ranges widely in low elevation rainforests from Guatemala and Belize to northern Argentina (Wallach et al., 2014; Boundy, 2020). In Costa Rica, it is distributed in the Northern Region and the Caribbean slope, and the Central and Southern Pacific (Solórzano, 2004; Sasa et al., 2010). It is well known for its predominantly ophiophagous habits (including various venomous species of the Viperidae family). However, it also includes small mammals, lizards and birds in its diet (Savage, 2002; Solórzano, 2004). *Clelia clelia* actively searches for its prey at night and during the day, usually on the ground and sometimes on low-lying vegetation (Chavarría & Barrio-Amoró, 2014; Timofeevski et al., 2017) and around water sources such as streams and ponds. Its predation strategy uses its great muscular force or constriction to immobilize and suffocate the prey. Simultaneously, it bites and inoculates its venom with the posterior fangs (Solórzano, 2004) and then swallows the prey, starting by the head. During this event, the venomous species captured generally inflict numerous defensive bites that, other than a slight momentary inflammation, do not cause any significant effect due to its natural immunity to viper venoms

(Cerdas & Lomonte, 1982; Lomonte et al., 1989). Despite its wide distribution and habits, the specific literature on eating behavior is surprisingly scarce (Vaughan & Ruiz-Gutierrez, 2006; Delia, 2009; Chavarría & Barrio-Amorós, 2014; McCranie, 2016; Barrio-Amorós & ter Harmsel, 2017; Timofeevski et al., 2017).

Documenting the species that constitute the diet of *C. clelia*, as well as the behaviors followed to subjugate and ingest them, is important as such observations provide information for more elaborated and complete reviews on the habits of this species and of snakes in general. In recent years, a series of *C. clelia* predatory events have been photographically recorded in Costa Rica, which we present below.

On September 29, 2014, another *Clelia clelia* ca 1.50 m was observed subjecting by constriction a *Bothrops asper* ca 1.10 m, in La Gamba Biological Station, within the Esquinas Rainforest Lodge Reserve, Puntarenas province in southern Pacific (Fig. 1A).

On October 6, 2014 at 12:10 pm, an adult of *Clelia clelia* was photographed eating an adult female (probably gravid) of



Figura 1. Eventos de depredación por parte de *Clelia clelia* en Costa Rica. A) La Gamba, Golfito, Puntarenas. B) Rincón de la Vieja, Liberia, Guanacaste. C) Bahía Drake, Osa, Puntarenas. D) Nicuesa Rainforest Lodge, Golfito, Puntarenas. E) Cajón de Boruca, Buenos Aires, Puntarenas.

Figure 1. *Clelia clelia* predatory events in Costa Rica. A) La Gamba, Golfito, Puntarenas. B) Rincón de la Vieja, Liberia, Guanacaste. C) Drake Bay, Osa, Puntarenas. D) Nicuesa Rainforest Lodge, Golfito, Puntarenas. E) Cajón de Boruca, Buenos Aires, Puntarenas.

Bothrops asper of ca 1.80 m in Rincón de la Vieja, in Buena Vista Lodge, Guanacaste province (Fig. 1B). This site is located at ca 700 m in elevation in tropical premontane wet forest (Bolaños et al., 2005).

On March 21, 2015, an adult specimen of *Clelia clelia* ca 1.80 m was recorded in Drake Bay, in the Osa Peninsula, Puntarenas province in southern Pacific, while swallowing a subadult of Neotropical Bird Snake (*Phrynonax poecilonotus*, Colubridae) of ca 1.0 m (Fig. 1C). This encounter was observed in an area covered by early stages of succession interspersed with patches of secondary growth of tropical rainforest.

On the morning of June 27, 2016, an adult of *Clelia clelia* of ca. 2.10 m was found eating a *Bothrops asper* (locally called “Terciopelo”) of ca. 1.70 m in the Nicuesa beach sector within the Golfo Dulce, Puntarenas province, in southern Pacific (Fig. 1D). Nicuesa is covered by secondary growth tropical rainforest (Bolaños et al., 2005). At the time of the encounter, the Mussarana had already swallowed a little more than a half of the Fer de Lance (Fig. 1D).

On June 11, 2018, in Cajón de Boruca in Buenos Aires of Puntarenas province, a specimen of *Clelia clelia* ca 1.75 m while using constriction to immobilize and kill a subadult of *Iguana rhinolopha* (Green Iguana) (Fig. 1E). The region where the encounter occurred corresponds to tropical wet forest transition to dry, with high rainfall seasonality and highly degraded coverage of reduced fragments of secondary growths. This case shows that *C. clelia* is capable of subjugating and manipulating relatively bulkier prey than snakes.

In all cases, the prey was swallowed head-first. These events clearly suggest that *Bothrops asper* is a frequent and important food resource for this species, at least in Costa Rica, which is congruent with the abundance reported for *B. asper* in this country (Solórzano & Cerdas, 1989; Solórzano, 2004).

As in the other species of its genus, *C. clelia* presents ontogenic dichromatism: the young are born with a uniform red dorsal pattern except for the black nuchal ring. The dorsal red color is maintained during the juvenile period, darkening as it grows and is replaced by the dark blue or dark grey pattern characteristic of subadults and adults. The red color pattern causes the juveniles to be considered a different species, popularly called “blood viper” (víbora de sangre; Solórzano, 2003), mistakenly assumed to be a hazardous, highly venomous species that should be eliminated at sight. Ironically, the adults of this species are often

recognized and protected by farmers who consider them allies in control of venomous snakes.

As large apex predators in tropical forests food webs, *Clelia clelia* is not a particularly abundant species, although it used to be observed with some frequency throughout its range in the Caribbean and Pacific lowlands of Costa Rica. Currently in the Osa Peninsula it is observed with the same frequency as in the past. However, in recent decades, encounters with this impressive snakes have decreased significantly across the country. The causes of this population decrease are unknown, although they are probably related to changes in prey abundances in their environments.

Acknowledgment.— We thank Julia Wurth, José Garro Salazar, Carlos González, Laurens Hidalgo and Jorge Picado Barboza for the photographs used.

CITED LITERATURE

- Barrio-Amorós, C. & R. ter Harmsel. 2017. *Clelia clelia* (Daudin, 1803). Predation on larger prey. *Mesoamerican Herpetology* 4:641-644.
- Bolaños, R., V. Watson & J. Tosi. 2005. Mapa Ecológico de Costa Rica (Zonas de Vida), según el sistema de clasificación de zona de vida del mundo de L.R. Holdridge, Escala 1:750 000. Centro Científico Tropical, San José, Costa Rica.
- Boundy, J. 2020 [2021]. *Snakes of the World: A supplement*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. vii+273 p.
- Cerdas, L. & B. Lomonte. 1982. Estudio de la capacidad ofiófaga y resistencia de la Zopilota (*Clelia clelia*, Colubibridae) de Costa Rica a los venenos de serpiente. *Toxico* 20:936-939.
- Chavarría, M. & C. Barrio-Amorós. 2014. *Clelia clelia*. Predation. *Mesoamerican Herpetology* 1(2):286.
- Delia, J. 2009. Another crotaline prey item of the Neotropical snake *Clelia clelia* (Daudin 1803). *Herpetology Notes* 2:21-22.
- Lomonte, B., L. Cerdas, A. Solórzano & S. Martínez. 1989. El suero de neonatos de *Clelia clelia* (Serpentes: Colubridae) neutraliza la acción hemorrágica del veneno de *Bothrops asper* (Serpentes: Viperidae). *Revista de Biología Tropical* 38:325-326.
- McCranie, J.R. 2016. *Clelia clelia* (Daudin, 1803). Predation. *Mesoamerican Herpetology* 3(2):492-493.



- Sasa, M., G. Chaves & L.W. Porras. 2010. The Costa Rican herpetofauna: conservation status and future perspectives. Pp: 511-604. In Wilson L.D., J.H. Townsend & J.D. Johnson (Eds.). Conservation of Mesoamerican Amphibians and Reptiles. Eagle Mountain Publishing, LC.
- Savage, J.M. 2002. The Amphibians and Reptiles of Costa Rica: A Herpetofauna Between Two Continents, Two seas. University of Chicago Press, Chicago and London. 934 p.
- Solórzano, A. 2003. Creencias Populares sobre los Reptiles en Costa Rica. Editorial Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio). Santo Domingo, Heredia, 54 p.
- Solórzano, A. 2004. Serpientes de Costa Rica: Distribución, Taxonomía e Historia Natural. Editorial Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), Santo Domingo, Heredia. 791 p.
- Solórzano, A. & L. Cerdas. 1989. Reproductive biology and distribution of the Terciopelo *Bothrops asper* Garman (Serpentes: Viperidae) in Costa Rica. *Herpetologica* 45:444-450.
- Timofeevski, S., D. Paniagua, N. Timofeevski & C.L. Barrio-Amorós. 2017. *Clelia clelia*. Predation on *Basiliscus basiliscus*. *Mesoamerican Herpetology* 4:179-178.
- Vaughan, A. & V. Ruiz-Gutierrez. 2006. *Clelia clelia*. Diet. *Herpetological Review* 37(1):93-94.
- Wallach, V., K.L. Williams & J. Boundy 2014. Snakes of the World: A Catalogue of Living and Extinct Species. Taylor and Francis, CRC Press, 1237 p.



HOW MANY SPECIES OF RATTLESNAKES ARE THERE IN THE *CROTALUS DURISSUS* SPECIES GROUP (SERPENTES: CROTALIDAE)?

¿CUÁNTAS ESPECIES DE CASCABELES HAY EN EL GRUPO DE *CROTALUS DURISSUS* (SERPENTES: CROTALIDAE)?

JACOBO REYES-VELASCO^{1,2*}, CHRISTIAN L. COX³, JASON M. JONES², MIGUEL BORJA⁴ & JONATHAN A. CAMPBELL⁵

¹Entorno Biótico A.C. – Colima, Colima, México.

²Herp.mx A.C. – Villa de Álvarez, Colima, México.

³Florida International University – Miami, Florida.

⁴Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango.

⁵University of Texas at Arlington – Arlington, Texas.

*Correspondence: jacobo@Crotalus.com

Received: 2021-08-09. Accepted: 2021-11-02. Published: 2022-01-27.

Editor: Julian A. Velasco, México.

Resumen.— Los miembros del grupo de especies de *Crotalus durissus* se encuentran entre las especies más grandes de serpientes de cascabel y tienen una gran importancia médica. La taxonomía del grupo es compleja, y la línea de lo que se considera especie, subespecie o población es difícil de definir. Un estudio reciente dividió a uno de los miembros del grupo (*Crotalus culminatus*) en tres especies, la especie nominal, así como *C. ehecatl* y *C. mictlantecuhtli*, basándose en datos genéticos y morfológicos. En este estudio reanalizamos los datos mitocondriales y nucleares publicados anteriormente, así como secuencias adicionales de dos genes mitocondriales de miembros del grupo de *Crotalus durissus*, para probar si el aislamiento por distancia (y no especiación) podría ser el responsable de la variación genética observada en estudios anteriores. Nuestros resultados muestran que las diferencias genéticas entre algunas de las especies de este grupo (*Crotalus simus* – *C. durissus* y *C. culminatus* – *C. ehecatl*) son menores que las distancias genéticas intraespecíficas. El único gen nuclear disponible para el grupo *Crotalus durissus* (factor de maduración de ovocitos Mos, c-mos) no es filogenéticamente informativo y no puede distinguir entre muchas de las especies del género, por lo que es de poca utilidad a la hora de tomar decisiones taxonómicas. Encontramos una baja divergencia a nivel mitocondrial entre estos dos pares de especies, y al menos en uno de los pares de especies encontramos un patrón de aislamiento por distancia. Adicionalmente, realizamos un análisis de delimitación de especies con un método desarrollado recientemente, DELINEATE, el cual apoya la validez de *C. mictlantecuhtli*, pero no de *C. ehecatl*. Estos resultados sugieren que las diferencias moleculares a nivel mitocondrial en los miembros del grupo de especies *Crotalus durissus* podrían ser el resultado de aislamiento por distancia y no necesariamente debidos a eventos de especiación. Creemos que un mayor muestreo y datos moleculares adicionales son necesarios para aclarar los límites de las especies del grupo de *Crotalus durissus*.

Palabras clave.— ADN mitocondrial, aislamiento por distancia, límites de especies, Mesoamérica.

Abstract.— Members of the *Crotalus durissus* species group are amongst the largest species of rattlesnakes and are of strong medical importance. The taxonomy of the group is convoluted, and the line of what is considered a species, subspecies or populations is hard to define. A recent study split one of the members of the group (*C. culminatus*) into three species, the nominal species, as well as *C. ehecatl* and *C. mictlantecuhtli*, based on genetic and morphological data. Here we reanalyze previously published mitochondrial and nuclear data, as well as additional sequences for two mitochondrial genes from members of the *Crotalus durissus* group, to test

if isolation by distance (and not speciation) could be responsible for the genetic variation observed in previous studies. Our results show that the genetic differences between some of the species in the group (*Crotalus simus* – *C. durissus* and *C. culminatus* – *C. ehecatl*) are lower than intra-specific genetic distances. The only nuclear gene at hand for the *C. durissus* group (oocyte maturation factor Mos, c-mos) is not phylogenetically informative and cannot distinguish between many of the species in the genus, thus it is of little support when it comes to taxonomic decisions. We find low divergence at the mitochondrial level between these two species pairs, and at least in one of the species pairs we find a pattern of isolation-by-distance (IBD). Additionally, we performed a newly developed species delimitation analysis, DELINEATE, which supports the validity of *C. mictlantecuhtli*, but not *C. ehecatl*. These results suggest that the molecular differences at the mitochondrial level in members of the *Crotalus durissus* species group could be the result of IBD and not necessarily due to speciation events. We believe that additional sampling as well as additional molecular data is necessary to clarify species limits in the *Crotalus durissus* species group.

Keywords.— Isolation-by-distance, Mesoamerica, mtDNA, species limits.

INTRODUCTION

In recent years, the general lineage concept (de Queiroz, 1998) has become widely used for defining species. Under the general lineage species concept, species can be defined as separately evolving metapopulation lineages. The debate has now shifted from “what is a species?”, to “which lines of evidence are necessary to define those separately evolving lineages?” (de Queiroz, 2007). Morphological characters have traditionally been the standard when defining species, but these characters can evolve at different rates between taxa, and it can be difficult to determine what characters are diagnostic between species (Fujita et al., 2012). The use of molecular markers has become commonplace when delimiting and defining species, but the results of those studies that define species based only on molecular data alone (e.g. Card, 2016; Leaché & Fujita, 2010; Ruane et al., 2014) can be misleading when not analyzed carefully, as they might delimit genetic structure and not necessarily species (Chambers & Hillis, 2020; Sukumaran et al., 2021; Sukumaran & Knowles, 2017). Mitochondrial DNA (mtDNA) has become a standard tool in population genetics, as it can allow us to better understand inter and intra-population processes such as migration, gene flow, genetic structure, or speciation (Rubinoff & Holland, 2005). However, in recent years, the use of mitochondrial markers as the only evidence to define species has become commonplace (Hillis, 2019). A multitude of phenomena, such as rapid lineage sorting, selection, male-biased dispersal, isolation-by-distance, or introgression, could in many cases make the use of mtDNA alone unreliable for delimiting and defining species (Rubinoff & Holland, 2005).

The level of genetic variation that needs to exist between two lineages to be considered two different species is a matter of great debate, and probably there will not be a single correct answer for all cases (Sukumaran et al., 2021). However, because species are

by definition hypotheses (de Queiroz, 2007), the power to support or refute a particular hypothesis increases with the number of concurrent pieces of evidence. Species delimitation should thus be performed with an “integrative taxonomy” approach (Padial et al., 2010; Pante et al., 2015; Will et al., 2005), which means to include multiple lines of evidence when describing species, for example ecology, genetics, morphology, physiology, among others, rather than multiple analyses of the same data (Fujita et al., 2012).

Rattlesnakes of the *Crotalus durissus* group are among the largest species in the genus and their venom is of important medical concern (Campbell & Lamar, 2004). Members of this group were considered for many years a single species, *Crotalus durissus* Linnaeus, 1758, with multiple subspecies that ranged from Nuevo León and Tamaulipas in Mexico to central Argentina (Klauber, 1952; Fig. 1). The northernmost member of the group was originally described as *Crotalus totonacus* (Gloyd & Kauffeld, 1940), however Smith and Taylor (1945) considered this population a subspecies of *C. durissus* (*C. durissus totonacus*). This designation was followed by multiple authors, until Campbell and Lamar (2004) elevated *C. totonacus* to species status. Wüster et al., (2005) later showed that *C. totonacus* was in fact more closely related to members of the *Crotalus molossus* group than to *C. durissus*. Klauber (1952) revised the taxonomy of the *Crotalus durissus* group and described two subspecies based on coloration and morphology: *C. d. culminatus* (occurring in Michoacán, Morelos, Guerrero, and Oaxaca) and *C. d. tzabcan* (restricted to the Yucatan peninsula and Belize). Both subspecies were elevated to full species by Wüster et al. (2005) based on mtDNA data and morphological differences previously reported by Klauber (1952, 1972). Later, Campbell and Lamar (2004) split *Crotalus durissus* into two species: *Crotalus simus* Latreille 1801, which ranges from central Mexico to Costa Rica, and *C. durissus*, restricted to South America and a few continental islands. *Crotalus simus* contains

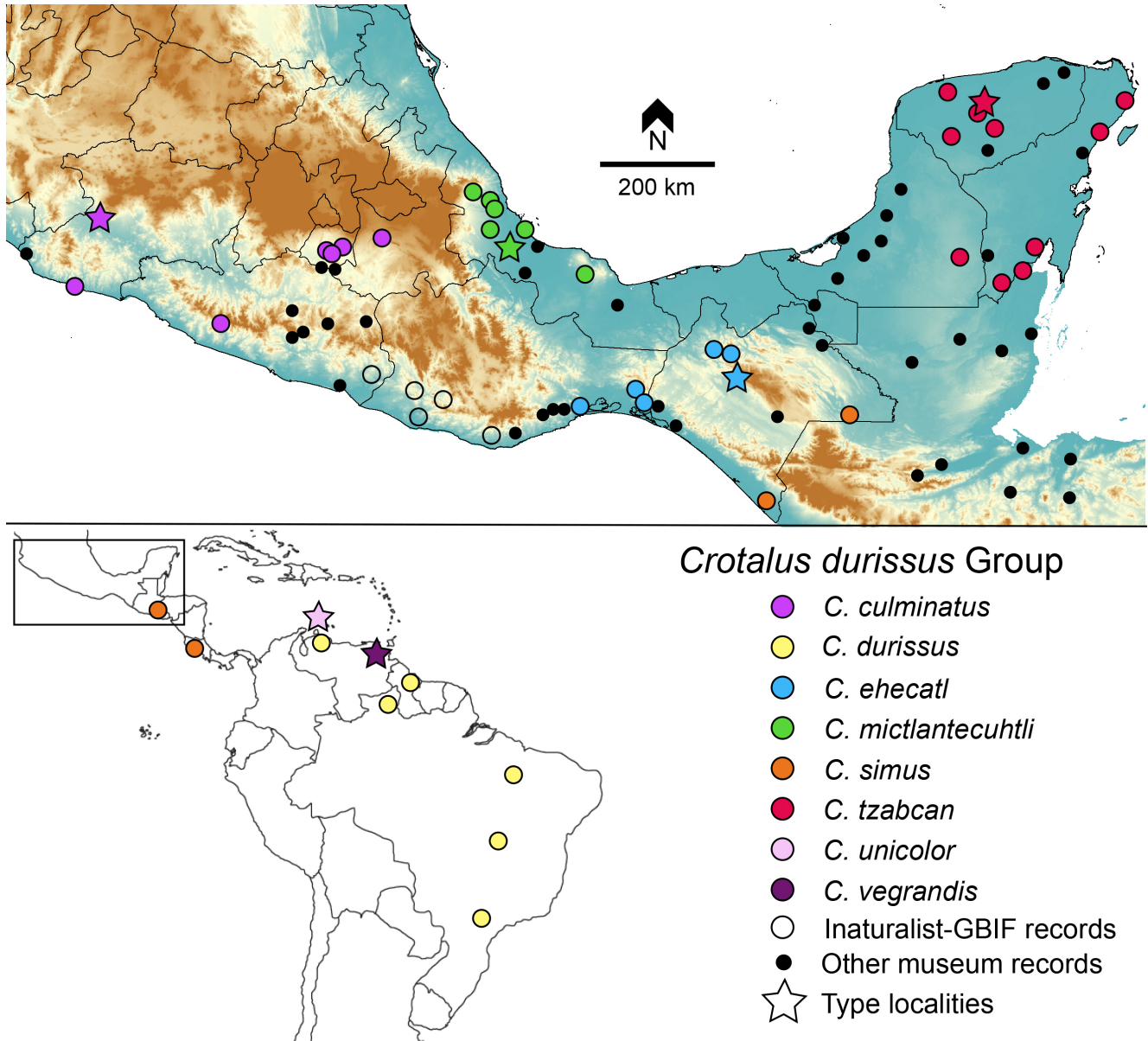


Figura 1. Mapa de distribución de los miembros del grupo de especies de *Crotalus durissus*. Las muestras con datos genéticos están representadas por círculos coloreados, mientras que otros registros sin datos genéticos disponibles se muestran como puntos negros. Los círculos abiertos indican registros adicionales para *C. culminatus* y *C. ehecatl* obtenidos de la base de datos gbif.org.

Figure 1. Distribution map of members of the *Crotalus durissus* species group. Samples with genetic data are represented by colored circles, while other museum records with no genetic data available are shown as black dots. Open circles indicate additional records for *C. culminatus* and *C. ehecatl* obtained from inaturalist.org as research grade observations, available in the gbif.org database. There is uncertainty regarding the type localities of *C. durissus* and *C. simus* and are thus not indicated.

no subspecies, whereas *C. durissus* contains nine subspecies: *C. durissus durissus* Linnaeus 1758, *C. d. cascavella* Wagler, 1824, *C. d. collilineatus* Amaral, 1926, *C. d. cumanensis* Humboldt, 1811, *C. d. marajoensis* Hoge, 1966, *C. d. maricelae* García-Perez, 1995, *C. d. ruruima* Hoge, 1966, *C. d. terrificus* (Laurenti, 1768) and *C. d. trigonicus* Harris & Simmons, 1978. Two other species from South

America *Crotalus unicolor* Van Lidth De Jeude, 1887 (restricted to Aruba) and *Crotalus vegrandis* Klauber, 1941 (restricted to Venezuela), have previously been considered subspecies of *C. durissus*, but are currently recognized by some taxonomist as full species (Wallach et al., 2014; Zaher et al., 2019).

Recently, Carbajal-Márquez et al. (2020) revised the taxonomy of the *C. durissus* group with additional sampling in Mexico. Based on mtDNA data and some morphological evidence, Carbajal-Márquez et al. (2020) split *C. culminatus* into three species, the nominal species *C. culminatus*, as well two new species, *Crotalus ehecatl* from southern Oaxaca and Chiapas, and *Crotalus mictlantecuhtli* from central Veracruz. These species were based on populations previously referred to as *C. simus culminatus* (*C. ehecatl*) and *C. simus simus* (*C. mictlantecuhtli*) by Campbell and Lamar (2004). Despite the additional sampling in the Carbajal-Márquez et al. (2020) study, their results do not necessarily show that some of these populations are indeed different species. Here we examine if the genetic patterns observed in previous studies could be explained by other biological processes, in particular, we test if isolation-by-distance (IDB) and a lack of thorough sampling might be the cause of an apparent barrier to geneflow between member of the *C. durissus* species group. Additionally, we test if a newly developed species delimitation method, DELINEATE (Sukumaran et al., 2021), supports the current taxonomy of the group.

MATERIALS AND METHODS

DNA sequencing and alignment. We sequenced the mitochondrial genes of Cytochrome B (Cytb) and NADH dehydrogenase subunit 4 (ND4) for five individuals of the *Crotalus durissus* group. These include one *C. culminatus*, one *C. ehecatl* and three *C. mictlantecuhtli* (Appendix 1). DNA extraction protocols and PCR conditions follow those of Reyes-Velasco et al., (2013) and were carried out at the Universidad Juárez del Estado de Durango. Additionally, we used the program MITObim (Hahn et al., 2013) to obtain mitochondrial sequences from the raw Illumina transcriptomic reads of Durban et al. (2017), which include two additional *C. mictlantecuhtli*, two *C. tzabcan*, and one *C. culminatus* (Appendix 1).

The program MITObim can generate mitochondrial contigs from short reads with the use of an iterative baiting method. We first used a published sequence of the mitochondrial genome of *Crotalus horridus* (GenBank reference number NC 014400) as the reference mitogenome, with the default program settings, except for a k-mer length of 31. We then repeated the same procedure for each individual, but with the resulting contig of the first run as the reference mitogenome. For the resulting mitogenomes, we extracted the Cytochrome B and ND4 genes for all subsequent analyses. All new mitochondrial sequences were deposited into GenBank (MZ855472-MZ855493; Appendix 1) and the following analyses are explained below.

As a backbone of our analyses, we used the sequences of Carbajal-Márquez et al. (2020). We obtained additional sequences from GenBank for the mitochondrial genes Cytb and ND4, as well as the nuclear gene oocyte maturation factor (*C-mos*) for most members in the *Crotalus durissus* and *C. molossus* species group. We reduced our dataset as to include only a single individual for most of the South American subspecies of *C. durissus*, as well as *C. unicolor* and *C. vegrandis*, since the main goal of this study is the northern members of the group. In the case of Mesoamerican specimens related to *C. simus*, we included all available individuals. Additionally, we included multiple other species of rattlesnakes as outgroups. A list of all sequences used and their GenBank number is presented in Appendix 1, while the locality for each sample is shown in figure 1. We aligned each individual gene using the online version of Mafft (Katoh & Standley, 2013). We then translated all genes to their predicted amino acid sequences in Geneious v9.1.6 (Biomatters Ltd., Auckland, NZ) to check for the presence of stop codons, which were not found.

Phylogenetic analyses. We estimated the best-fit models of nucleotide evolution for each gene and gene partition the program PartitionFinder. We then concatenated the individual genes using Sequence Matrix (Vaidya et al., 2011). We produced three datasets: one that included all genes (two mtDNA genes plus one nuclear gene), one that only included mtDNA, and the last one that only included the nuclear loci *c-mos*. We then used the Akaike Information Criterion (AIC) in the program PartitionFinder (Lanfear et al., 2012) to estimate partition schemes and models of molecular evolution, which are shown in table 1.

We estimated Bayesian phylogenetic inference (BI) for each dataset in Mr. Bayes v3.2. (Ronquist et al., 2012), in the CIPRES science gateway server (Miller et al., 2011). We used BI to estimate the posterior probabilities of phylogenetic trees based on a total of 10 million generations Metropolis-coupled Markov chain Monte Carlo (MCMC). These analyses consisted of four simultaneous runs, each with four chains (three heated and one cold), sampling every 1,000 generations. We verified that independent runs had converged by visualizing the output from BI in the program TRACER v. 1.5 (Drummond & Rambaut, 2007). Potential scale reduction factor (PSRF) estimates comparing chain likelihood values indicated convergence by one million generations, so we discarded the first 25% of BI samples as burn-in. We estimated a majority-rule consensus phylogram from the combination of the post burn-in samples from the four BI runs, combined the runs using TreeAnnotator v. 1.7.4 (Drummond & Rambaut, 2007) and visualized the resulting trees in FigTree

Tabla 1. Modelos de sustitución para los genes utilizados en este estudio.**Table 1.** Best-fits models of substitution for the genes used in this study.

Gene	Codon Position	Substitution Model
C-mos	1st	JC
C-mos	2nd	HKY
C-mos	3rd	HKY
CytB	1st	JC + gamma
CytB	2nd	JC + gamma
CytB	3rd	GTR + gamma
ND4	1st	JC + gamma
ND4	2nd	JC + gamma
ND4	3rd	GTR + gamma

v1.4.2 (Rambaut, 2014). Additionally, we used the NeighborNet algorithm in SplitsTree 4 (Huson & Bryant, 2006) to construct a phylogenetic network based on our alignment of mtDNA.

Genetic distances & Isolation-by-distance. In order to test for isolation-by-distance in multiple members of the *Crotalus durissus* group, first we georeferenced the locality data for all samples in our dataset with the use of Google Earth Pro. In a small number of cases, the locality information was incomplete or lacking and the locality information is tentative (for example, in the case of the single individual of *Crotalus unicolor*, the locality is “Aruba”, so we georeferenced this locality in the center of the island). Locality information and coordinates are provided in Appendix 1. We then obtained Euclidian distances between samples with the use of the earth.dist function in the R package fossil (Vavrek, 2011). We used the program MEGA X (Kumar et al., 2018) to estimate pairwise genetic distances (uncorrected P distances) of the mitochondrial data (Cytb + ND4), including all codon positions, both transitions and transversions, and Gamma distributed rates among sites. Genetic distances and geographic distances between samples are provided in Appendix 2 and 3. We assessed if isolation-by-distance (IBD) was present in the *C. durissus* group by testing for correlation between geographic distances and genetic distances, with the use of Mantel tests in the R package Vegan (Oksanen et al., 2013), as well as Multiple Matrix Regression with Randomization analysis, performed with the R function MMRR (Wang, 2013).

Additionally, we estimated pairwise genetic distances in ND4 for additional species of *Crotalus* which we obtained from

GenBank. We only included ND4 because this has traditionally been the most common gene used in rattlesnake systematics and was the only gene with a more thorough taxonomic coverage of the group. A list of all taxa and samples included is provided in Appendix 4.

Species delimitation analysis. To test previous species delimitations in the *Crotalus durissus* group, we employ a novel method DELINEATE (Sukumaran et al., 2021), which used a protracted speciation model (PSM). This method allows us to incorporate species limits obtain by other sources of data into the species delimitation analysis. However, this approach requires a good understanding of the current taxonomy of a particular group. The program's output is a topology in which each individual is assigned to either previously described species or to potentially new taxa.

First, we used BEAUTI, part of the BEAST software package (Drummond & Rambaut, 2007) to set up our StartBeast2 configuration file. For this analysis we used only the mitochondrial genes Cytb and ND4, with a single strict clock model of substitution across genes, and a HKY+G substitution model. Due to the computational burden of the analysis, we reduced our dataset to include only four individuals per species and additionally included multiple individuals of the *Crotalus molossus* species group, which are sister to the *C. durissus* group (Reyes-Velasco et al., 2013). We ran four replicates of the analysis, which consisted of 400 million generations, sampling every 400,000 generations, for a total of 1000 trees.

We then used the sumtrees.py script, part of the DendroPy library (Sukumaran & Holder, 2010) to discard the first 250 trees as burn-in, combine the runs and use the Maximum Clade Credibility Tree to summarize the resulting trees. We then prepared our population assignment input file for DELINEATE and constrained all currently recognized species, except for *Crotalus ehecatl*, *C. mictlantecuhtli*, *C. simus*, *C. unicolor* and *C. vegrandis*. We tested these last two species, as preliminary phylogenetic analysis showed that they were nested within *C. durissus* (see below), so we wanted to test their validity as species. In the case of the *Crotalus molossus* group, we constrained all species, except for the three subspecies of *C. molossus* (*C. m. molossus*, *C. m. nigrescens* & *C. m. oaxacus*) to test their species assignment.

RESULTS

Alignments. Our resulting alignments for each gene were the following: 751bp (Cytb), 663bp (ND4) and 594bp (c-mos). In the

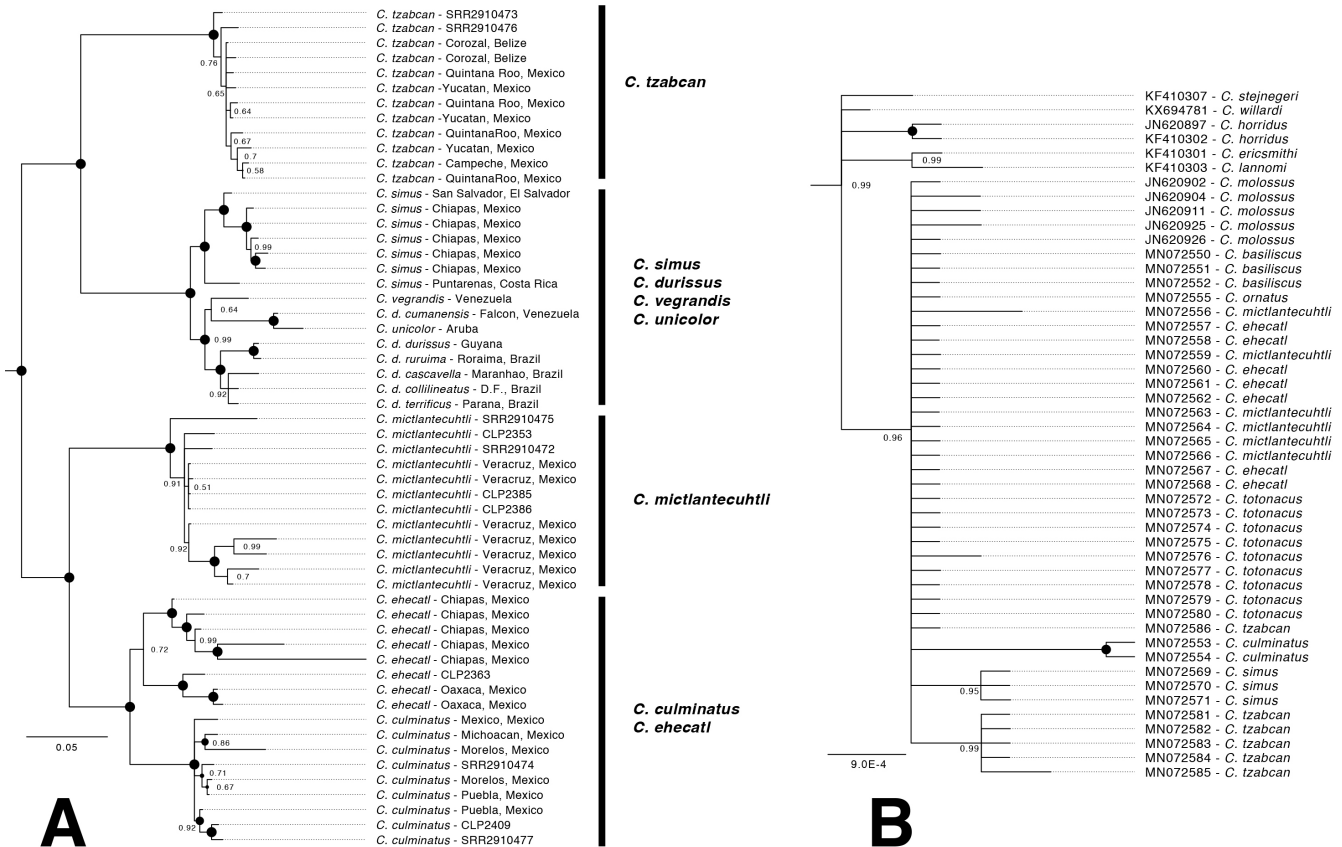


Figura 2. Inferencia filogenética de los miembros del grupo de especies de *Crotalus durissus*. A) Inferencia filogenética bayesiana basada en los genes de ADN mitocondrial concatenados Cytb y ND4. B) Inferencia filogenética bayesiana basada en los locus nuclear C-mos. Los círculos negros representan nodos con un soporte posterior de 1.

Figure 2. Phylogenetic inference of members of the *Crotalus durissus* species group. A) Bayesian phylogenetic inference based on the concatenated mtDNA genes Cytb and ND4. B) Bayesian phylogenetic inference based on the nuclear locus C-mos. Black circles represent nodes with a posterior support of 1.

case of the mtDNA genes, the number of parsimony-informative sites was 107 for Cytb and 162 for ND4, which represents 14% and 24% of all sites, respectively. In the case of c-mos, only 19 sites were parsimony-informative, which represents only 3% of all sites.

Phylogenetic analyses. Our phylogenetic analyses of the mtDNA and mtDNA + c-mos datasets resulted in identical topologies, which are in concordance with other studies of the same group, which is not surprising as the sequences used in the different studies are nearly the same, and any signal in the nuclear gene c-mos becomes overwritten by the mtDNA data, thus here we only present the mtDNA phylogeny (Fig. 2A). We recovered four main clades in the *C. durissus* group: The first clade included all individuals of *Crotalus tzabcan* from the Yucatan peninsula and Belize and received strong support (posterior probability, pp = 1). This clade was sister to a second well supported clade which

consisted of *Crotalus durissus* (all subspecies), *C. vegrandis* and *C. unicolor* (which were nested within *C. durissus*), as well as all *C. simus* from southern Chiapas and Central America. The third clade consisted of individuals of *C. mictlantecuhtli* from Veracruz and was sister to the last clade which was composed of *C. culminatus* plus *C. ehecatl*. When we analyzed the nuclear gene c-mos alone, we recover a polytomy which included most members of the *C. durissus* group, as well as other species of rattlesnakes (Fig 2B). These results show that c-mos lacks phylogenetic signal and thus is of little use for solving the phylogenetic relationships of the *C. durissus* group.

mtDNA gene network & genetic distances. When we visualized the mtDNA data as a genetic network in SplitsTree (Fig 3), we recovered the same general patterns as in the Bayesian Inference analysis of mtDNA, however the degree of low genetic variation between many of populations in the *Crotalus durissus* group were



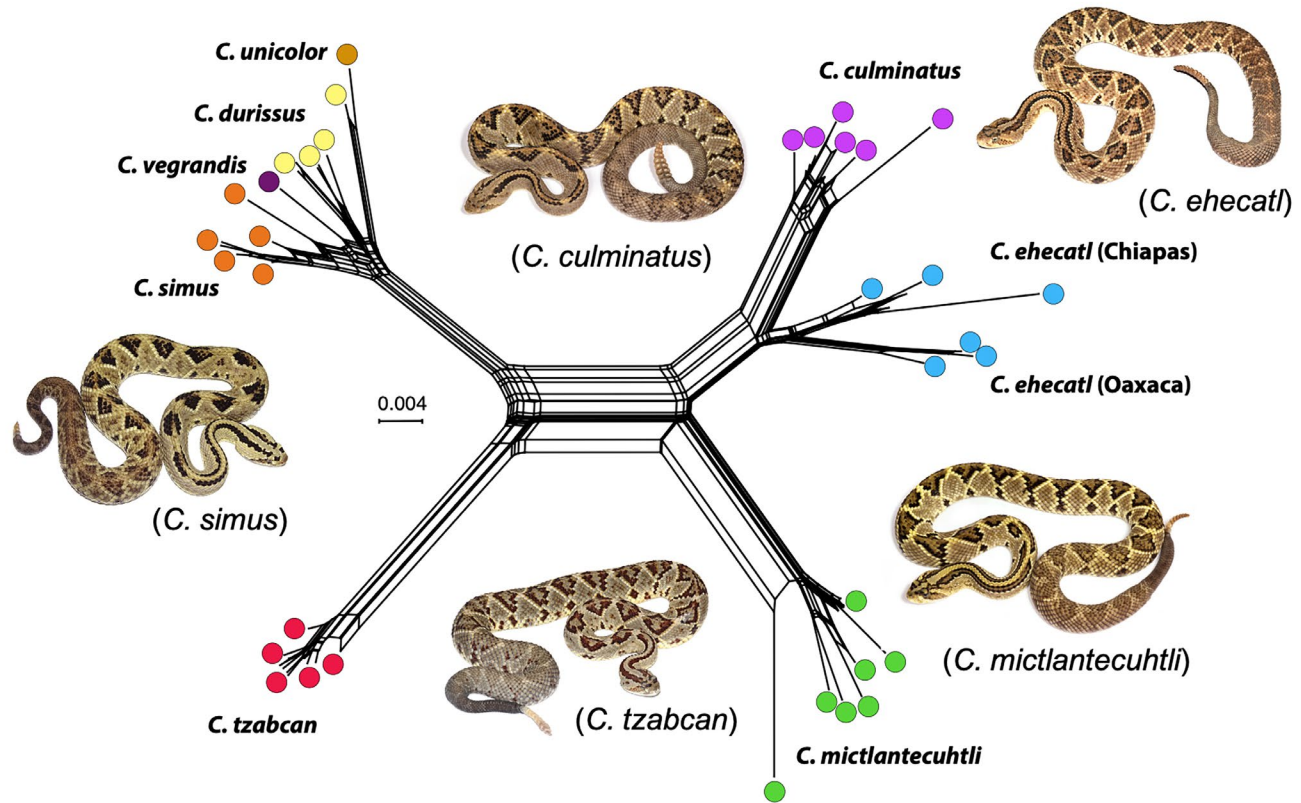


Figura 3. Splits tree network de los genes de los genes mitocondriales concatenados Cytb y ND4 de los miembros del grupo de especies de *Crotalus durissus*. Las imágenes representan miembros del grupo de especies de *C. durissus*.

Figure 3. Splits tree network of the concatenated mtDNA genes Cytb and ND4 of members of the *Crotalus durissus* species group. Images represent multiple species of the *C. durissus* group.

more obvious (at least at the mtDNA level). All the subspecies of *C. durissus*, as well as *C. unicolor*, *C. vegrandis* and *C. simus* formed a single cluster, while both *C. tzabcan* and *C. mictlantecuhtli* formed independent clusters. In the case of *C. culminatus* and *C. ehecatl*, they formed a single cluster with some subdivisions, with individuals of *C. culminatus*, *C. ehecatl* from Chiapas and *C. ehecatl* from Oaxaca forming subclusters. These subcluster could be the result of Isolation-by-distance (see below).

All the subspecies of *Crotalus durissus*, including *C. unicolor* and *C. vegrandis* had genetic distances (uncorrected p distances) of only 0.018 - 0.036 when compared to populations of *C. simus* from Mexico and Central America (Table 1) Similarly, *C. culminatus* and *C. ehecatl* had very limited genetic differences between each other, ranging from 0.026 to 0.049. These genetic distances are similar to those shown by intraspecific populations of other rattlesnakes (Appendix 4). On the other hand, *C. tzabcan*, which is not clearly isolated from other members of the group in northern Central America or central Veracruz, showed

rather significant genetic differences with all other members of the group, ranging from 0.06 to 0.9, which are on par with interspecific differences in other rattlesnake taxa (Appendix 4).

Isolation-by-distance. Both Mantel tests and MMRR analyses showed a positive correlation between genetic distances and geographic distances in six out of 10 tests we performed ($p=0.001$; Fig. 4 & Appendix 5). The Mantel test showed a strong positive correlation between genetic and geographic distances (Mantel statistic (r) >0.5) when comparing the following species: *Crotalus ehecatl* - *C. mictlantecuhtli* ($r=0.82$), *C. culminatus* + *C. ehecatl* - *C. tzabcan* ($r=0.72$), *Crotalus culminatus* - *C. mictlantecuhtli* ($r=0.66$) and *C. culminatus* - *C. ehecatl* ($r=0.62$). However, in the MMRR analysis, the correlation was still significant, but not as strong in those same species pairs. When *C. culminatus*, *C. ehecatl* and *C. mictlantecuhtli* were included, the relationship between genetic distance and geographic distance was significant, but not strong (Mantel statistic (r) = 0.44; MMRR (r) = 0.1966).

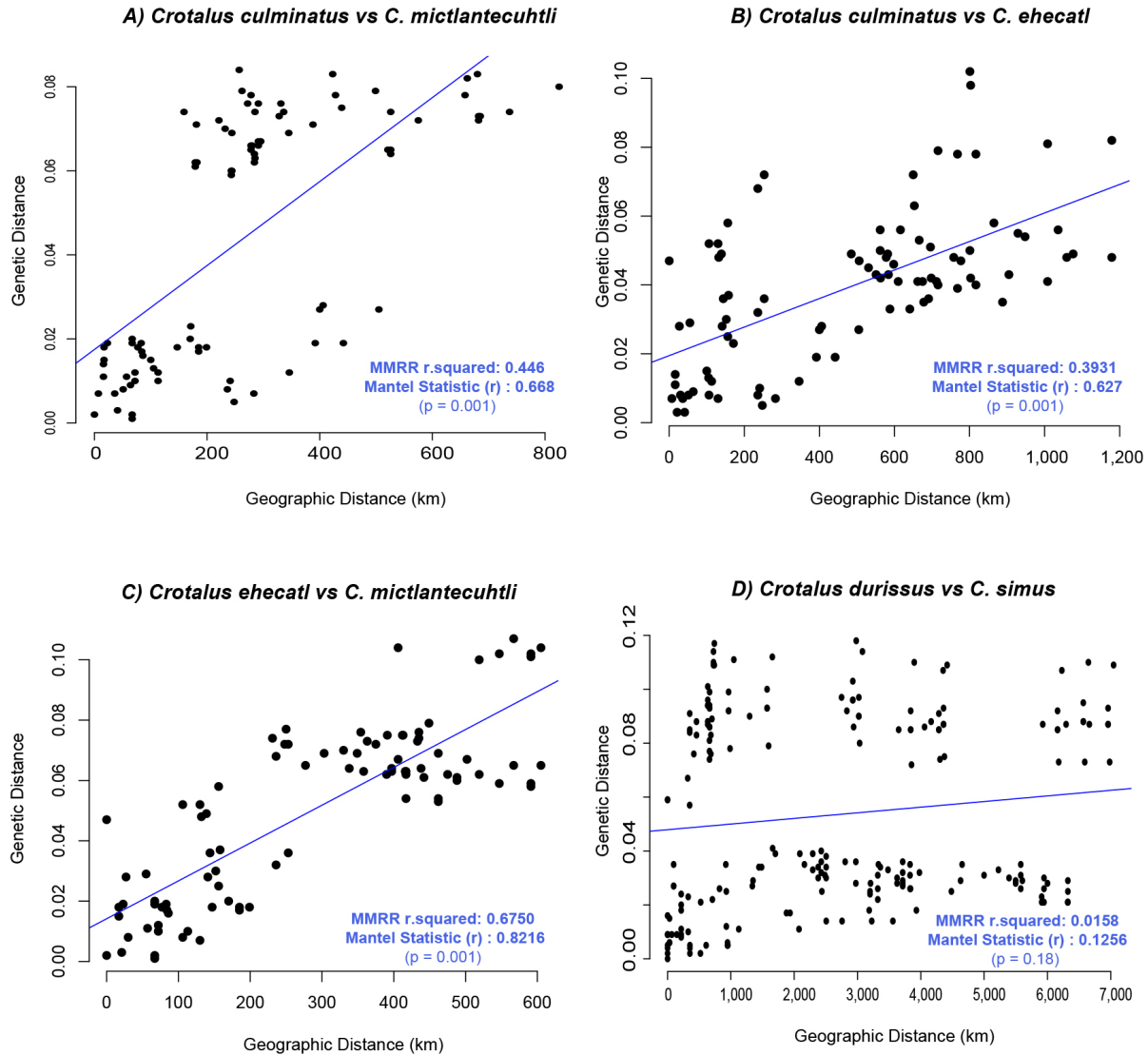


Figura 4. Gráfica de aislamiento por distancia (APD) que muestra la relación entre las distancias geográficas y genéticas de los miembros del grupo de especies de *Crotalus durissus*. La línea representa la correlación entre la distancia geográfica y la distancia genética (r). La significancia estadística se estimó con una prueba de Mantel.

Figure 4. Isolation by distance (IBD) plot showing relationship between geographic and genetic distances for members of the *Crotalus durissus* species group. Line represents correlation between geographic and genetic distance (r). Statistical significance was estimated with a Mantel test.

If only individuals of *C. culminatus* were analyzed, the relationship was strong in the Mantel test (Mantel statistic (r) = 0.66), but not in the MMRR analysis (r = 0.4355), however, neither the Mantel test or the MMRR analysis was significant (p = 0.058; p = 0.057, respectively). When comparing *Crotalus simus* and *C. durissus* (including *C. vegrandis* and *C. unicolor*), the relationship was weak or non-existent (Mantel statistic (r) = 0.12; MMRR (r) = 0.01) and not significant (p = 0.132; p = 0.18, respectively). Similar weak and non-significant relationships were found when including only individuals of *C. tzabcan* (Mantel

statistic (r) = 0.03; MMRR (r) = 0.0009) or *C. durissus* (including *C. vegrandis* and *C. unicolor*; Mantel statistic (r) = 0.246; MMRR (r) = 0.6). These results show that at least in some member of the *C. durissus* group, isolation-by-distance might be responsible of the genetic structure observed in the mitochondrial genes.

Species delimitation analysis. The results of our species delimitation analysis in DELINEATE supported the recognition of *Crotalus mictlantecuhtli* as a distinct species, on the other hand, it included the samples of *C. ehecatl* as part of *C. culminatus*

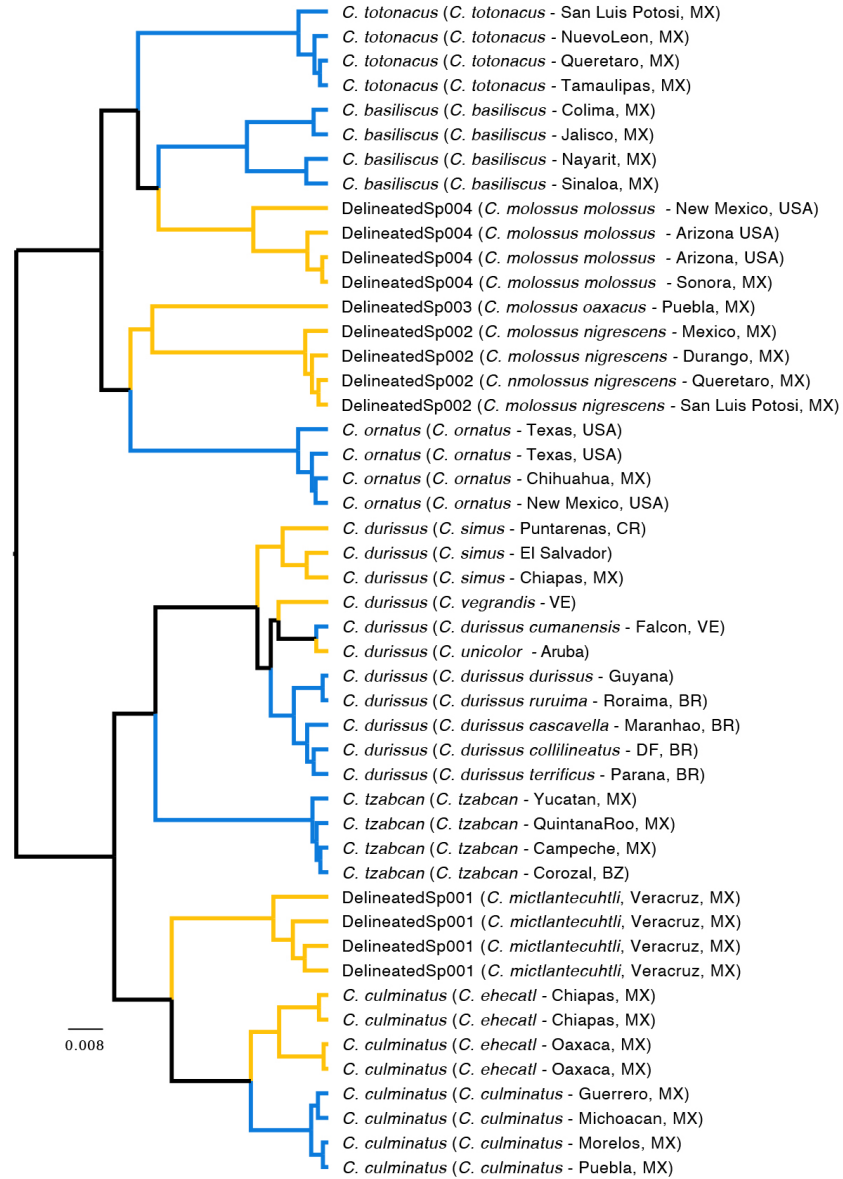


Figura 5. Resultados del análisis de delimitación de especies realizado en DELINEATE. Los clados en azul representan las asignaciones a especies, mientras que los clados en amarillo representan a los linajes cuya asignación a alguna especie fue examinada. Los nombres en las puntas del árbol que aparecen como "DelineatedSp" representan especies que fueron probadas y que el programa reconoce como distintas, mientras que los nombres entre paréntesis representan su anterior asignación a especies y localidad.

Figure 5. Results of the species delimitation analysis performed in DELINEATE. Clades in blue represent constrained species, while clades in yellow represent those lineages whose species designations were tested. Tips with species assignment as "DelineatedSp" represent species that were tested which the program recognizes as distinct, while names in parenthesis represent their previous species assignment and locality.

(Fig. 5). Additionally, this analysis recovered all individuals of *C. simus*, *C. unicolor* and *C. vegrandis* as conspecific with *C. durissus*. In the case of the *C. molossus* group (which we included as a comparison), we recovered each of the tree subspecies of *C. molossus* (*C. m. molossus*, *C. m. nigrescens* & *C. m. oaxacus*) as full species.

DISCUSSION

In this study we evaluate if isolation-by-distance could be responsible for the genetic variation observed at the mitochondrial level in members of the *Crotalus durissus* species group. We do this by sequencing additional individuals,

combined with previously published mitochondrial and nuclear data. Our results show that the genetic differences between some of the species in the group (*C. simus* – *C. durissus* and *C. culminatus* – *C. ehecatl*) are lower than intra-specific genetic distances (Appendix 2). The only nuclear gene at hand for the *C. durissus* group (*c-mos*) is not informative for distinguishing between many species of rattlesnakes (Fig. 2B), and thus it is of little use when it comes to taxonomic decisions. Additionally, in the case of *Crotalus ehecatl* and *C. culminatus*, morphological differences were also minimal, and the characters analyzed overlapped almost completely (see Carbajal-Márquez et al., 2020, Fig. 4).

Isolation-by-distance (IBD) is often overlooked in population genetics (Meirmans, 2012). In the case of some members of the *Crotalus durissus* group, IBD might be responsible for the apparent genetic differences between populations, which have previously been inferred to be inter-specific differences (Fig. 4). The individuals of *C. culminatus* and *C. ehecatl* from which mtDNA sequences were analyzed are separated by more than 950 km (coast of Michoacán vs Oaxaca-Chiapas border; Fig. 1). There are records for *C. culminatus* along the Pacific coast of Mexico, from the Colima-Michoacán border to eastern Oaxaca (Campbell & Lamar, 2004), followed by an apparent gap of approximately 300 km between Marquelia, Guerrero and Santa Maria Huatulco, Oaxaca (the western most record *C. ehecatl*). However, multiple research grade observations for *Crotalus* exist along the coast of Oaxaca in the Inaturalist database (Fig. 1), which shows that the distribution of *C. culminatus* is continuous and no gap exist between *C. culminatus* and *C. ehecatl*. Unfortunately, no DNA sequences exist for these samples. Our analyses of IBD show that there is a strong correlation between genetic and geographic distances in the *C. culminatus* group (Fig. 4 & Appendix 5), and thus could be the cause of the apparent genetic distinctiveness between *C. culminatus* and *C. ehecatl*. Despite the fact that we did not find evidence for IBD between *C. simus* and *C. durissus*, it is still possible that IBD exists, but it is not detectable with mitochondrial markers alone (Teske et al., 2018). Several recent studies have shown that if IBD is not taken into account, genetic differences can drastically affect the results of species delimitation methods, and over-split species (Gratton et al., 2016; Mason et al., 2020), which could be the case in some members of the *C. durissus* group.

We use the program DELINEATE as a way to test for current species hypothesis in the group. This analysis did not recognize *Crotalus ehecatl* as distinct from *C. culminatus* but did recover *C. mictlantecuhtli* as a separate lineage. DELINEATE also failed to recover *C. simus*, *C. unicolor* and *C. vegrandis* as distinct from

C. durissus. However, all these results should be taken with caution, as our analysis included only two mitochondrial genes, and hybridization or mitochondrial introgression could be responsible for this patterns. Campbell and Lamar (2004) split *Crotalus simus* and *C. durissus* into two different species. These species are separated by ~900 km in Central America, and both appear to be absent in Panamá. However, the mtDNA differences between these species are minimal, and much smaller than population level differences in other species (see Appendix 4). Wüster et al. (2005) and Quijada-Mascareñas et al., (2007) suggested that the invasion of South America by the *C. durissus* occurred relatively recently (~1 mya), probably facilitated by a continuous corridor of dry savannahs. However, the divergence time estimated by Wüster et al. (2005) for the split between the *C. durissus* and the *C. molossus* groups is much older (10-14 mya) than that estimated by Reyes-Velasco et al., (2013) of ~3-6 mya, however, these divergence dates should be taken with caution. A much younger split between these groups could indicate that the invasion of South America by *C. durissus* might be younger than expected, and probably occurred faster than previously suggested, which would explain the almost non-existent differences in the mtDNA data and the results of the species delimitation analysis.

CONCLUSION

Species are, by definition, hypotheses (De Queiroz, 2007; Samadi & Barberousse, 2006), therefore, the more evidence in favor of a hypothesis, the better species is supported. Just as when testing any hypothesis, careful consideration should be taken into account when describing new species. It is relatively easy to describe new taxa, especially when only a few molecular markers are analyzed for diagnosing between species. However, revising the evidence for such taxonomic changes can be very time consuming, and many people are not willing, nor have the time for these taxonomic revisions. Therefore, before describing new taxa, is important to consider all available evidence in favor or against any taxonomic designations. We do not argue that differences in mtDNA or on a few markers should be used as a yardstick to define what species are valid and what species are not, on the contrary, we argue against this type of approach, and thus we understand the limitations of our own analyses. Therefore, our goal with this study is not to conclude how many species should be considered valid in the *Crotalus durissus* species group, but to show that the data at hand can be interpreted in multiple ways. We believe that additional sampling, combined with more thoroughly molecular analyses are necessary to better understand gene flow and species limits in the *C. durissus* group, especially in areas of possible contact such as the southern part

of the Yucatan Peninsula, Chiapas, Guatemala, Tabasco and the Chimalapas region of Oaxaca and Chiapas (Fig. 1).

Acknowledgments.— We would like to thank Ruben Carbajal-Márquez, Jesus Sigala-Rodriguez, and Christoph I. Grünwald for interesting discussions that greatly improved the quality of this paper. Javier Ortiz-Medina kindly provided images of rattlesnakes. Comments from two anonymous reviewers greatly improved an earlier version of the manuscript.

SUPPLEMENTARY INFORMATION

This article contains supplementary material available at <https://drive.google.com/drive/folders/1PwIQtsnzRD1bn4py4nJLGVZbQQYokl5?usp=sharing>

Appendix I. Catalogue numbers, GenBank numbers and locality information for samples used in this study.

Apéndice I. Números de catálogo, números de Genbank e información de localidad de ejemplares utilizados en este estudio.

Appendix II. Genetic distances (uncorrected p distances) for members of the *Crotalus durissus* species group, estimated from the concatenated mtDNA genes Cytb and ND4.

Apéndice II. Distancias genéticas (distancias p no corregidas) para los miembros del grupo de especies de *Crotalus durissus*, estimadas a partir de los genes mitocondriales concatenados Cytb y ND4.

Appendix III. Geographic distances (Km) for members of the *Crotalus durissus* species group.

Apéndice III. Distancias geográfica (Km) para miembros del grupo de especies de *Crotalus durissus*.

Appendix IV. Genetic distances (uncorrected p distances) for multiple species and populations of the genus *Crotalus*, estimated from the mtDNA gene ND4.

Apéndice IV. Distancias genéticas (distancias p no corregidas) de múltiples especies y poblaciones del género *Crotalus*, estimadas del gen mitocondrial ND4.

Appendix V. Results of the Mantel test for correlation between genetic distance and geographic distance in members of the *Crotalus durissus* species group.

Apéndice V. Resultados de la prueba de Mantel para la correlación entre la distancia genética y la distancia geográfica en los miembros del grupo de especies de *Crotalus durissus*.

CITED LITERATURE

Campbell, J.A. & W.W. Lamar. 2004. The Venomous Reptiles of the Western Hemisphere (Vol. 2). Comstock Pub. Associates, Ithaca, New York, USA.

Carbajal-Márquez, R.A., J.R. Cedeño-Vázquez, A. Martínez-Arce, E. Neri-Castro & S.C. Machkour-M'Rabet. 2020. Accessing cryptic diversity in Neotropical rattlesnakes (Serpentes: Viperidae: *Crotalus*) with the description of two new species. *Zootaxa* 4729:451-481.

Chambers, E.A. & D.M. Hillis. 2020. The multispecies coalescent over-splits species in the case of geographically widespread taxa. *Systematic Biology* 69:184-193.

De Queiroz, K. 1998. The general lineage concept of species, species criteria, and the process of speciation. Pp. 57-75. En: D.J. Howard & S.H. Berlocher (Eds.). *Endless Forms: species and speciation*. Oxford University Press, New York, USA.

De Queiroz, K. 2007. Species concepts and species delimitation. *Systematic Biology* 56:879-886.

Drummond, A.J. & A. Rambaut. 2007. BEAST: Bayesian evolutionary analysis by sampling trees. *BMC Evolutionary Biology* 7:1-8.

Durban, J., L. Sanz, D. Trevisan-Silva, E. Neri-Castro, A. Alagon & J.J. Calvete. 2017. Integrated venomomics and venom gland transcriptome analysis of juvenile and adult mexican rattlesnakes *Crotalus simus*, *C. tzabcan*, and *C. culminatus* revealed miRNA-modulated ontogenetic shifts. *Journal of Proteome Research* 16:3370-3390.

Fujita, M.K., A.D. Leaché, F.T. Burbrink, J.A. McGuire & C. Moritz. 2012. Coalescent-based species delimitation in an integrative taxonomy. *Trends in Ecology & Evolution* 27:480-488.

Gloyd, H.K. & C.F. Kauffeld. 1940. A new rattlesnake from Mexico. *Chicago Academy of Sciences* 6:11-14.

Hahn, C., L. Bachmann & B. Chevreaux. 2013. Reconstructing mitochondrial genomes directly from genomic next-generation sequencing reads—a baiting and iterative mapping approach. *Nucleic Acids Research* 41(13):e129.

- Hillis, D.M. 2019. Species delimitation in herpetology. *Journal of Herpetology* 53:3-12.
- Huson, D.H. & D. Bryant. 2006. Application of phylogenetic networks in evolutionary studies. *Molecular Biology and Evolution* 23:254-267.
- Katoh, K. & D.M. Standley. 2013. MAFFT multiple sequence alignment software version 7: improvements in performance and usability. *Molecular Biology and Evolution* 30, 772-780.
- Klauber, L.M. 1952. Taxonomic studies on rattlesnakes of Mainland Mexico. *Bulletins of the Zoological Society of San Diego* 26:1-143.
- Klauber, L.M. 1972. *Rattlesnakes: Their Life History, Habits, and Influence on Mankind*. University of California Press, Berkeley, USA.
- Kumar, S., G. Stecher, M. Li, C. Knyaz & K. Tamura 2018. MEGA X: molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution* 35(6):1547-1549.
- Lanfear, R., B. Calcott, S.Y. Ho & S. Guindon. 2012. PartitionFinder: combined selection of partitioning schemes and substitution models for phylogenetic analyses. *Molecular Biology and Evolution* 29:1695-1701.
- Meirmans, P. G. 2012. The trouble with isolation by distance. *Molecular Ecology* 21:2839-2846.
- Miller, M.A., W. Pfeiffer & T. Schwartz. 2011. The CIPRES science gateway: a community resource for phylogenetic analyses. Pp. 1-8. En: *Proceedings of the 2011 TeraGrid Conference: Extreme Digital Discovery*.
- Oksanen, J., F.G. Blanchet, R. Kindt, P. Legendre, P.R. Minchin, R. O'hara, G.L. Simpson, P. Solymos, M.H.H. Stevens, H. Wagner & M.J. Oksanen 2013. Package 'vegan'. *Community ecology package, version 2.1-295*.
- Padial, J.M., A. Miralles, I. De la Riva & M. Vences. 2010. The integrative future of taxonomy. *Frontiers in Zoology* 7:1-14.
- Pante, E., C. Schoelinc & N. Puillandre. 2015. From integrative taxonomy to species description: one step beyond. *Systematic Biology* 64:152-160.
- Quijada-Mascareñas, J.A., J.E. Ferguson, C.E. Pook, M.D.G. Salomao, R.S. Thorpe & W. Wüster. 2007. Phylogeographic patterns of trans-Amazonian vicariants and Amazonian biogeography: the Neotropical rattlesnake (*Crotalus durissus* complex) as an example. *Journal of Biogeography* 34:1296-1312.
- Rambaut, A. 2014. FigTree v1. 4.2. <http://tree.bio.ed.ac.uk/software/figtree/>. [Accessed on September 2021].
- Reyes-Velasco, J., J.M. Meik, E.N. Smith & T.A. Castoe 2013. Phylogenetic relationships of the enigmatic longtailed rattlesnakes (*Crotalus ericsmithi*, *C. lannomi*, and *C. stejnegeri*). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 69:524-534.
- Ronquist, F., M. Teslenko, P. Van Der Mark, D.L. Ayres, A. Darling, S. Höhna, S., B. Larget, L. Liu, M.A. Suchard & J.P. Huelsenbeck. 2012. MrBayes 3.2: efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. *Systematic Biology* 61:539-542.
- Rubioff, D. & B.S. Holland. 2005. Between two extremes: mitochondrial DNA is neither the panacea nor the nemesis of phylogenetic and taxonomic inference. *Systematic Biology* 54:952-961.
- Samadi, S. & A. Barberousse. 2006. The tree, the network, and the species. *Biological Journal of the Linnean Society* 89:509-521.
- Smith, H.M. & E.H. Taylor. 1945. An annotated checklist and key to the snakes of Mexico. *Bulletin of the United States National Museum* 187:1-239.
- Sukumaran, J. & M.T. Holder. 2010. DendroPy: a Python library for phylogenetic computing. *Bioinformatics* 26:1569-1571.
- Sukumaran, J., M.T. Holder & L.L. Knowles. 2021. Incorporating the speciation process into species delimitation. *PLoS Computational Biology* 17:e1008924.
- Sukumaran, J. & L.L. Knowles. 2017. Multispecies coalescent delimits structure, not species. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114:1607-1612.
- Teske, P.R., T.R. Golla, J. Sandoval-Castillo, A. Emami-Khoyi, C.D. Van der Lingen, S. Von der Heyden, B. Chiazzari, B.J. Van Vuuren, & L.B. Beheregaray. 2018. Mitochondrial DNA is unsuitable to test for isolation by distance. *Scientific Reports* 8:1-9.
- Ueda K. 2021. iNaturalist Research-grade Observations. iNaturalist.org. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/ab385x> [Accessed on October, 2021].



- Vaidya, G., D.J. Lohman & R. Meier. 2011. SequenceMatrix: concatenation software for the fast assembly of multi-gene datasets with character set and codon information. *Cladistics* 27:171-180.
- Vavrek, M.J. 2011. Fossil: palaeoecological and palaeogeographical analysis tools. *Palaeontologia Electronica* 14:16.
- Wallach, V., K.L. Williams & J. Boundy. 2014. *Snakes of the world: a catalogue of living and extinct species*. CRC press, New York, USA.
- Wang, I.J. 2013. Examining the full effects of landscape heterogeneity on spatial genetic variation: a multiple matrix regression approach for quantifying geographic and ecological isolation. *Evolution* 67:3403-3411.
- Will, K.W., B.D. Mishler & Q.D. Wheeler. 2005. The perils of DNA barcoding and the need for integrative taxonomy. *Systematic Biology* 54:844-851.
- Wüster, W., J.E. Ferguson, J.A. Quijada-Mascareñas, C.E. Pook, M. Da Graca Salomao & R.S. Thorpe. 2005. Tracing an invasion: landbridges, refugia, and the phylogeography of the Neotropical rattlesnake (Serpentes: Viperidae: *Crotalus durissus*). *Molecular Ecology* 14:1095-1108.
- Zaher, H., R.W. Murphy, J.C. Arredondo, R. Graboski, P.R. Machado-Filho, K. Mahlow, G.G. Montingelli, A.B. Quadros, N.L. Orlov, M. Wilkinson, Y.P. Zhang & F.G. Grazziotin. 2019. Large-scale molecular phylogeny, morphology, divergence-time estimation, and the fossil record of advanced caenophidian snakes (Squamata: Serpentes). *PloS One* 14:e0216148.



EVENTO DE DEPREDACIÓN EN *TRACHYCEPHALUS VERMICULATUS* (ANURA: HYLIDAE) POR *LEPTOPHIS AHAETULLA* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) EN LA PROVINCIA DE COCLÉ, REPÚBLICA DE PANAMÁ

DEPREDATION EVENT IN *TRACHYCEPHALUS VERMICULATUS* (ANURA: HYLIDAE) BY *LEPTOPHIS AHAETULLA* (SQUAMATA: COLUBRIDAE) IN THE PROVINCE OF COCLE, REPUBLIC OF PANAMA

JANICK J. HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ* & NELSON E. GUEVARA-ALVARADO^{2,3}

¹Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Universidad de Panamá, Centro Regional de Coclé., Panamá

²Grupo de investigación, Grupo Biológico BioMundi, Panamá

³Colegio de Biólogos de Panamá, COBIOPA, Panamá

*Correspondence: janickj09@gmail.com

Received: 2021-11-16. Accepted: 2021-12-02. Published: 2022-02-03.

Editor: Adriana Manzano, Argentina.

Abstract.— A case of predation by *Leptophis ahaetulla* on *Trachycephalus vermiculatus* in the Coclé Province of the Republic of Panama is reported. This event is recorded as the first case of prey-predator interaction between these species.

Keywords.— Feeding, predator, parrot snake, milky frog, prey.

Resumen.— Se reporta un caso de depredación por *Leptophis ahaetulla* sobre *Trachycephalus vermiculatus* en la Provincia de Coclé de la República de Panamá. Evento que se registra como el primer caso entre la interacción presa-depredador entre estas especies.

Palabras clave.— Alimentación, depredador, serpiente lora, rana lechosa, presa.

Los anfibios del grupo de los anuros son presa de muchos organismos incluyendo invertebrados, peces, otros anfibios, reptiles, aves y mamíferos (Díaz-Paniagua et al., 2007). Uno de los principales depredadores de las ranas son las serpientes (Wells, 2007). Por lo tanto, las ranas han desarrollado una variedad de estrategias anti depredadores, que incluyen defensas químicas a menudo asociadas con coloración brillante, coloración críptica, inmovilidad, escape rápido y llamadas de socorro (Wells, 2007).

Registro:

El 9 de febrero de 2021 a las 13:21 horas, en un área abierta de cultivo, perturbada por la actividad de chatarrería, se observó un evento de depredación por *Leptophis ahaetulla* en un individuo de *Trachycephalus vermiculatus* en Chigoré Corregimiento de Penonomé, Provincia de Coclé (coordenadas: 8° 31' 51" N 80° 20' 39" W 128 m s.n.m.). El evento de depredación fue observado sobre un arbusto de la familia Malpighiaceae (Fig. 1). Cuando la serpiente capturó a la rana, está empezó a moverse bruscamente con sus ancas y a desprender una sustancia pegajosa de color

blanco-transparente a través de la piel, lo que aparentemente ocasionó molestia en la serpiente debido a que está cayó al suelo e inmediatamente soltó a la rana. Durante aproximadamente 7 segundos ambos ejemplares permanecieron en el suelo; sin embargo, luego de esto la serpiente nuevamente capturó a la rana, iniciando el proceso de ingerirla por la cabeza (Fig. 2).

Los individuos de la especie *L. ahaetulla* por sus hábitos arbóricolas, se alimentan predominantemente de ranas de la familia Hylidae (Beebe, 1946; Oliver, 1948, Albuquerque et al., 2007; Alcantara et al., 2017; Chalopka & Rodríguez, 2021) registrándose como presas, cinco géneros de la familia (*Dendropsophus*, *Hypsiboas*, *Osteocephalus*, *Scinax*, *Sphaenorhynchus*) mediante el estudio del contenido estomacal en la especie (Albuquerque et al., 2007). Sin embargo, Prado (2003) y Glegg (2015) reportaron depredación de *L. ahaetulla* sobre *T. typhoni* en Brasil y Paraguay respectivamente. Además, Solé et al. (2010) registró un intento de depredación sin éxito en la especie *T. cf. mesophaeus*.



Figure 1. First capture and predation attempt of *Leptophis ahaetulla* on *Trachycephalus vermiculatus* on a shrub of the Family Malpighiaceae, Panama. Photo: Janick Hernández.

Figura 1. Primera captura e intento de depredación de *Leptophis ahaetulla* sobre *Trachycephalus vermiculatus* sobre arbusto de la Familia Malpighiaceae, Panamá. Foto: Janick Hernández.

En cuanto a otras especies del género *Trachycephalus*, se conocen otros eventos de depredación sobre éstas, por ejemplo, en la especie *Trachycephalus venulosus* por la serpiente *Liophis poecilogyrus* (Silva Jr et al., 2003; Albuquerque & Di-Bernardo, 2005) y en la especie *Trachycephalus typhonius* por una mantis (Mantodea: Mantidae) (Hernández-Baltazar et al., 2020). A pesar de esto, hasta donde es de nuestro conocimiento este es el primer informe de un evento de depredación de la culebra falsa lora *L. ahaetulla* sobre la rana lechosa *T. vermiculatus*.

Probablemente la falta de registros u observación de depredación sobre el género *Trachycephalus* puede deberse a su capacidad de emitir una secreción cutánea blanca, volátil y nociva cuando se manipulan, la cual se ha informado, es extremadamente irritante para las membranas mucosas (Savage 2002; Yeager et al., 2019). La función de esta secreción venenosa ha sido reportada como una defensa contra los depredadores (Leary & Razafindratsita, 1998).



Figure 2. Second capture and predation attempt of *Leptophis ahaetulla* on *Trachycephalus vermiculatus*. The snake managed to successfully feed on the amphibian, starting the ingestion from the head. Cocle Province, Panama. Photo: Janick Hernández.

Figura 2. Segundo intento de captura y depredación de *Leptophis ahaetulla* sobre *Trachycephalus vermiculatus*. La serpiente logró alimentarse exitosamente del anfibio, empezando la ingesta por la cabeza. Provincia de Coclé, Panamá. Foto: Janick Hernández.

Agradecimientos.— A Roger Morales por la motivación y comentarios sobre la nota. A Roderick Hernández y Carmen Sánchez por la notificación del momento del evento de depredación. A Ángel Sosa por los comentarios y ayuda sobre la información bibliográfica de las especies.

LITERATURA CITADA

- Albuquerque, N.R. & M. Di-Bernardo. 2005. *Leptophis ahaetulla marginatus*. Herpetological Review 36:325.
- Albuquerque, N.R., U. Galatti & M. Di-Bernardo. 2007. Diet and feeding behaviour of the neotropical parrot snake (*Leptophis ahaetulla*) in northern Brazil. Journal of Natural History 41(17):1237-1243.
- Alcantara, E.P., C. Ferreira-Silva, H.T. Machado & D.H. Morais. 2017. Natural history notes. *Leptophis ahaetulla* (Parrot Snake). Diet. Herpetological Review 48(4):860.
- Beebe, W. 1946. Field notes on the snakes of Kartabo, British Guiana and Caripito, Venezuela. Zoológica 31(4):11-52.
- 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.
- Clegg, J.R. 2015. *Leptophis ahaetulla marginatus* (Southern Green Parrot Snake): Behaviour. Herpetological Bulletin 131:26-27.

- Díaz-Paniagua, C., A. Porthault & C. Gómez-Rodríguez. 2007. Depredadores de los anfibios adultos de Doñana: análisis cuantitativo. *MUNIBE (suplemento/Gehigarra)* 25: 48-157.
- Hernández-Baltazar, E., A. López-Hernández, J.A. Santizo-Nanduca, G. Pozo-Montuy & B. Gómez. 2020. Depredación sobre *Trachycephalus typhonius* (Linnaeus) (Anura: Hylidae) por una mantis (Mantodea: Mantidae) en México. *Revista Chilena de Entomología* 46(4): 585-590.
- 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* 19:442-446.
- Oliver, J.A. 1948. The relationships and zoogeography of the genus *Thalerophis* Oliver. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 92:157-280.
- Prado, C.P.A. 2003. Natural History Notes: *Leptodactylus chaquensis*, *Pseudis paradoxa* (Paradox frog) and *Phrynohyas venulosa*. Predation. *Herpetological Review* 34(3):231-232.
- Savage, J. 2002. *Amphibians and Reptiles of Costa Rica; A Herpetofauna Between Two Continents, Between Two Seas*. The University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Silva Jr, N. J., I.F.E. Souza, W.V. Silva & H L.R. Silva. 2003. Diet. *Liophis poecilogyrus* (trash-snake). *Herpetological Review* 34:69-70.
- Sole, M., E. Marciano, I. Días & A. Kwet. 2010. Predation attempts on *Trachycephalus* cf. *mesophaeus* (Hylidae) by *Leptophis ahaetulla* (Colubridae) and *Ceratophrys aurita* (Ceratophryidae). *Salamandra* 46(2):101-103.
- Wells, K.D. 2007. *The Ecology and Behavior of Amphibians*. University of Chicago Press, Chicago. USA.
- Yeager, J., A. Zarling & C. Rodríguez. 2019. Successful multimodal amphibian defense in the neotropical frog *Trachycephalus*, including handling and recovery costs to would-be predators. *Herpetology Notes* 12:279-280.



GENÉTICA, BIOACÚSTICA Y MORFOLOGÍA REVELAN UNA NUEVA ESPECIE OCULTA EN *PRISTIMANTIS DORSOPICTUS* (ANURA: STRABOMANTIDAE)

GENETICS, BIOACOUSTICS, AND MORPHOLOGY REVEAL A NEW HIDDEN SPECIES IN *PRISTIMANTIS DORSOPICTUS* (ANURA: STRABOMANTIDAE)

ELIZA PATIÑO-OCAMPO¹, SEBASTIÁN DUARTE-MARÍN² & MAURICIO RIVERA-CORREA^{1,3,4,*}

¹Semillero de Investigación en Biodiversidad de Anfibios (BIO), Seccional Oriente, Universidad de Antioquia, El Carmen de Viboral, Colombia.

²Grupo Evolución, Ecología y Conservación (EECO), Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnologías, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia.

³Grupo Herpetológico de Antioquia (GHA), Instituto de Biología, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

⁴Laboratorio de Anfibios, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

*Correspondence: mauriciorivera79@gmail.com

Received: 2021-06-15. Accepted: 2021-11-29. Published: 2022-02-03.

Editor: Katyuscia Araujo-Vieira, Brasil.

Abstract.— The phenotypic variation of some species at the geographic level makes them excellent models to evaluate different evolutionary attributes and answer questions related to their diversity. In addition, the constant effort of sampling in high Andean ecosystems that include the type localities of the species, and the integration of a novel data set can lead to unsuspected taxonomic findings. In this study we provide genetic, bioacoustics and morphological evidence to support the delimitation, and description of a new species from the northern Andean forests, historically confused with *Pristimantis dorsopictus* (Rivero & Serna, 1988). The latter and the new species were not recovered as sister lineages in our phylogenetic analyses, and although they are relatively similar, both differ phenotypically in body size, coloration pattern, skin texture, call duration and dominant frequency, among other attributes. Our phylogenetic inference suggests that the new species is part of the *P. boulengeri* group and was recovered as sister to the clade that includes *P. urani*, *P. angustilineatus*, *P. boulengeri*, *P. brevifrons*, and *P. dorsopictus*. The results suggest that advertisement calls constitute an important source of information for understanding the acoustic diversity of the *P. boulengeri* group and for delimiting the species of the genus *Pristimantis*, which despite its great diversity, presents a limited acoustic knowledge in those with distribution in Colombia.

Keywords.— Andes, cryptic diversity, haplotype network, geography, phylogenetics.

Resumen.— La variación fenotípica de algunas especies a nivel geográfico, las convierte en excelentes modelos para evaluar los diferentes atributos evolutivos y responder preguntas relacionadas con su diversidad. Sumado a ello, el constante esfuerzo de muestreo en ecosistemas altoandinos que incluyan las localidades tipo de las especies y la integración de un novedoso conjunto de datos, puede conducir a hallazgos taxonómicos insospechados. En este estudio proporcionamos evidencia genética, bioacústica y morfológica para soportar la delimitación y descripción de una nueva especie de los bosques al norte de los Andes, históricamente confundida con *Pristimantis dorsopictus* (Rivero & Serna, 1988). Esta última y la nueva especie no fueron recuperadas como linajes hermanos en nuestros análisis filogenéticos, y aunque son relativamente similares, ambas se diferencian fenotípicamente en tamaño corporal, patrón de coloración, textura de piel, duración del canto y frecuencia dominante, entre otros atributos. Nuestra inferencia filogenética sugiere que la nueva especie es parte del grupo *P. boulengeri*, y fue recuperada como hermana del clado que incluye a *P. urani*, *P. angustilineatus*, *P. boulengeri*, *P. brevifrons* y *P. dorsopictus*. Los resultados sugieren que los cantos de anuncio constituyen una

fuente de información importante para comprender la diversidad acústica del grupo de *P. boulengeri* y para la delimitar la especies del género *Pristimantis*, que a pesar su gran diversidad, presenta un limitado conocimiento acústico en aquellas con distribución en Colombia.

Palabras clave.— Andes, diversidad críptica, filogenética, geografía, red de haplotipos.

INTRODUCCIÓN

La superfamilia de anfibios Brachycephaloidea Günther, 1858, comúnmente conocida como el clado Terrarana (Hedges et al., 2008), es la radiación de tetrápodos terrestres más diverso del mundo (Padial et al., 2014), conteniendo en la actualidad aproximadamente 1200 especies formalmente descritas (Frost, 2021). Se ha sugerido que todos los miembros de este grupo depositan sus huevos en hábitats terrestres y los embriones cumplen todo su estadio larval dentro del huevo, sin pasar por la etapa de renacuajo, atributo reproductivo conocido como desarrollo directo (Duellman & Trueb, 1994; Wells, 2007; Hedges et al., 2008; Padial et al., 2014).

Pristimantis (Strabomantidae, Hedges et al., 2008) es el género más diverso de Brachycephaloidea y comprende casi la mitad de las especies conocidas de la superfamilia (575 especies; Frost, 2021). Es así como en los últimos 10 años (i.e. 2011–2020) se describieron 120 especies (12 especies por año, AmphibiaWeb, 2021) principalmente en Ecuador y Colombia, los dos países con mayor biodiversidad en el género, con 238 y 234 especies respectivamente (Acosta-Galvis, 2021; Ron et al., 2021). Este número continúa incrementando constantemente, en parte por la integración cada vez más frecuente de herramientas moleculares (principalmente secuenciación de genes mitocondriales) aplicadas en inferencias filogenéticas y evidencia bioacústica la cual contribuye a comprender la variación fenotípica más allá de la morfología tradicional (e.g. Hutter & Guayasamin, 2015; Páez & Ron, 2019; Rivera-Correa & Daza, 2020).

Los estudios basados en la integración de diferentes líneas de evidencia han permitido el reconocimiento de diversidad críptica a nivel de especies y la existencia de complejos de especies, es decir, dos o más entidades evolutivas independientes que históricamente han sido clasificadas bajo un solo nombre (Bickford et al., 2007; Padial & De la Riva, 2009; Padial et al., 2010). Esto posiblemente como consecuencia de una morfología convergente, por la ausencia de un adecuado análisis del conjunto de datos, o inclusive, por la limitación operativa de detectar las diferencias cuando estas existen.

Pristimantis dorsopictus (Rivero & Serna, 1988) es una especie que exhibe una alta variación intraespecífica en su coloración (Fig. 1). Fue descrita en los bosques de niebla a 2800 m s.n.m. (sobre el nivel del mar) de la Cordillera Central, entre los límites de los municipios de Sonsón y Nariño, zona de amortiguamiento del Páramo de Sonsón, departamento de Antioquia, Colombia. La distribución geográfica de esta especie es relativamente amplia (Marín et al., 2021) y comprende elevaciones entre los 2200 y 3150 m s.n.m, en los departamentos de Antioquia y Caldas (base de datos: MHUA 2021; Apéndice 1). De acuerdo con Rivera-Correa y Daza (2016), *P. dorsopictus* está estrechamente relacionada con *P. boulengeri* (Lynch, 1981), *P. urani* Rivera-Correa y Daza, 2016 y *P. brevifrons* (Lynch, 1981) y hace parte del grupo de especies *P. boulengeri*, endémico de Colombia y formalmente reconocido por González-Durán et. al (2017); este grupo contiene además a *P. angustilineatus* (Lynch, 1998), *P. baiotis* (Lynch, 1998), *P. myops* (Lynch, 1998) y *P. quantus* (Lynch, 1998).

A pesar de que *Pristimantis dorsopictus* es una especie relativamente abundante en el norte de la Cordillera Central en Antioquia y que exhibe una amplia variación de patrones de coloración dorsal, otros rasgos fenotípicos como las vocalizaciones y su morfometría no han sido previamente evaluados. Además, las hipótesis filogenéticas previas (Rivera-Correa & Daza, 2016), no han incluido especímenes de la localidad tipo. Dado lo anterior y la fácil detección en los bosques altoandinos, convierten a *P. dorsopictus* en una excelente candidata para elucidar los límites de su diversidad genética, bioacústica y morfológica a lo largo de su distribución geográfica.

Considerando esto, en esta investigación nos trazamos cinco objetivos: (1) evaluar la divergencia genética en dos marcadores mitocondriales (COI y 16S) ampliamente utilizados en sistemática de anuros; (2) establecer la posición filogenética de especímenes de nuevas localidades, incluyendo la localidad tipo; (3) evaluar patrones espectrales y temporales de los cantos de anuncio a lo largo de su distribución; (4) evaluar la variabilidad morfolométrica en un contexto multivariado y finalmente, (5) evaluar si existe evidencia que sugiera que *P. dorsopictus* representa un caso de diversidad críptica.

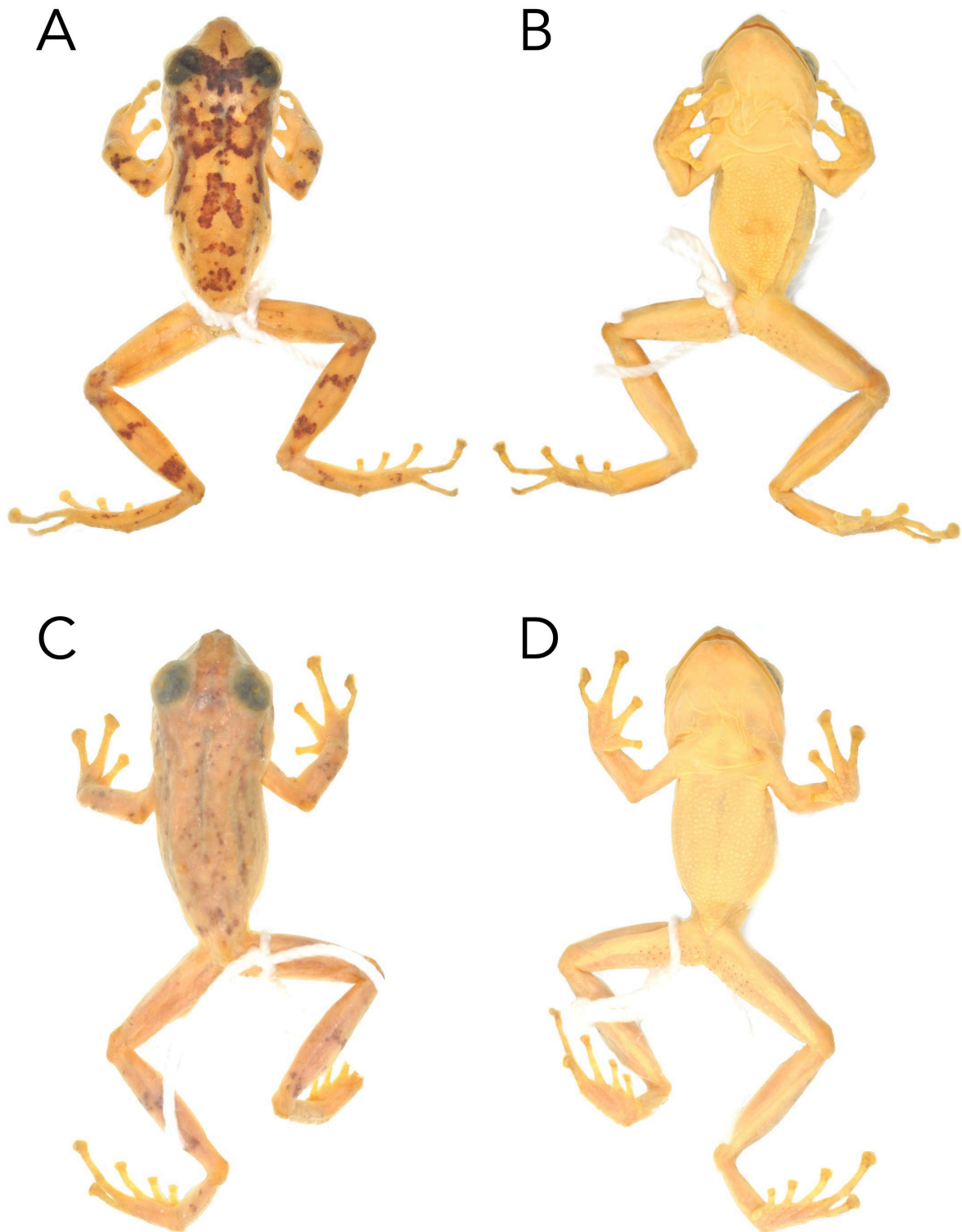


Figure 1. Paratypes of *Pristimantis dorsopictus*. (A) Dorsal view; (B) ventral view (CSJ-h 4888, LRC 19.15 mm); (C) dorsal view; (D) ventral view (CSJ-h 4876, LRC 19.67 mm).

Figura 1. Paratipos de *Pristimantis dorsopictus*. (A) Vista dorsal; (B) vista ventral (CSJ-h 4888, LRC 19.15 mm); (C) vista dorsal; (D) vista ventral (CSJ-h 4876, LRC 19.67 mm).

MATERIALES Y MÉTODOS

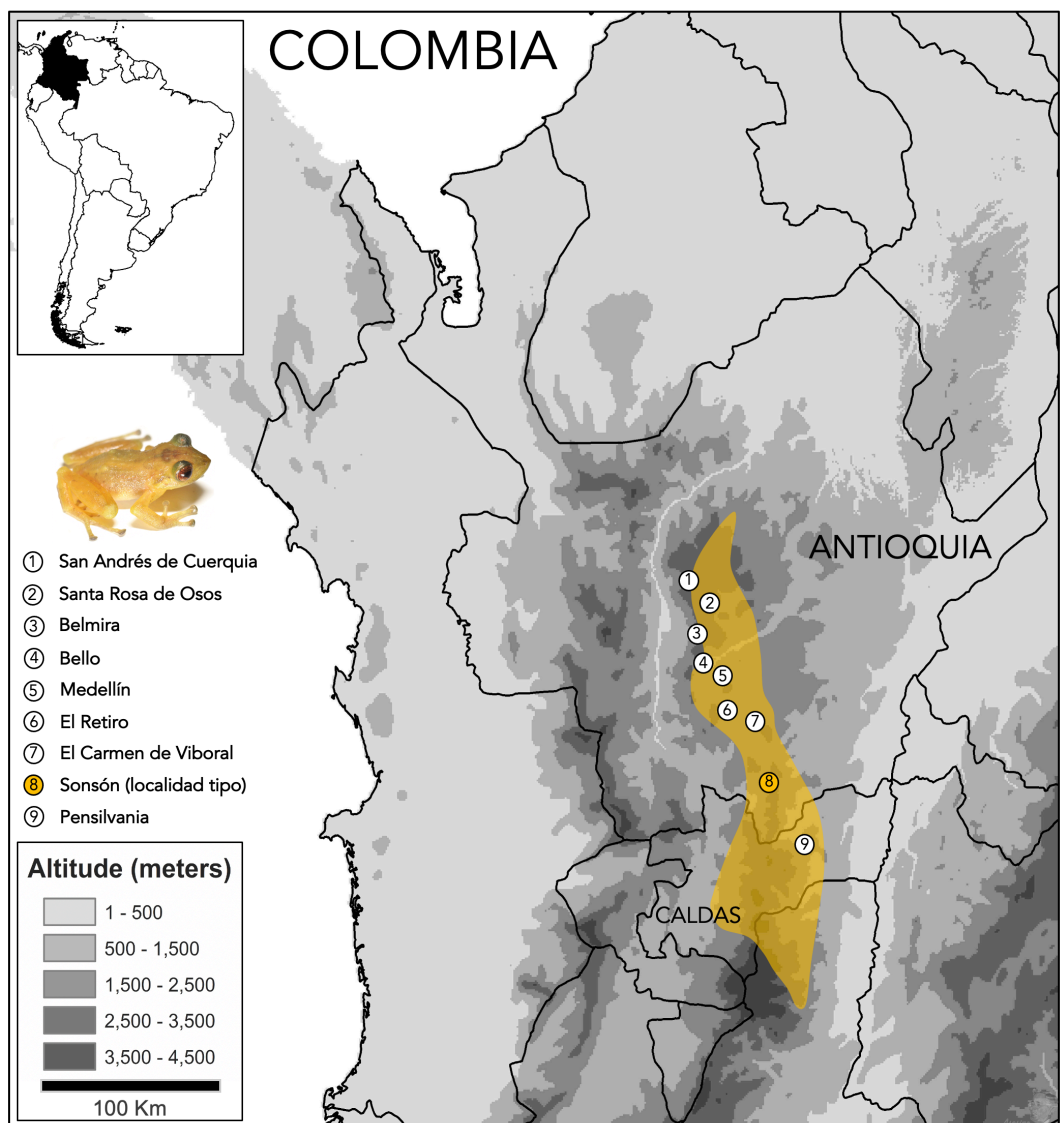
Fase de campo. Entre junio de 2010 y marzo 2021 realizamos 10 salidas de campo y obtuvimos muestras de diferentes localidades entre 2600–2900 m s.n.m. en los departamentos de Antioquia y de Caldas en Colombia. En todas estas localidades *Pristimantis dorsopictus* ha sido previamente documentada, incluyendo Sonsón, Antioquia, su localidad tipo (Fig. 2; Apéndice 1). Registramos localidades, coordenadas y elevaciones utilizando un GPS Garmin 60Cx, georreferencias validadas en GoogleEarth. Colectamos 30 individuos, los sacrificamos con lidocaína al 2 %, fijamos en etanol al 80 % y preservamos en etanol al 70 %. Antes de la fijación, extrajimos muestras de tejido de las extremidades

posteriores de algunos especímenes y las conservamos en etanol al 95 % para los estudios genéticos.

Extracción, amplificación y secuenciación de ADN. Amplificamos y secuenciamos dos fragmentos de genes mitocondriales de 31 especímenes, 14 de ellos pertenecientes a *Pristimantis dorsopictus*. Extrajimos el ADN genómico total del músculo utilizando el kit de purificación de ADN genómico GeneJET (Thermo Fisher Scientific, Inc.). Amplificamos un fragmento del gen ribosómico 16S usando los cebadores 16SCL-16SDH (Santos et al., 2003) y un fragmento de la subunidad I de la Citocromo Oxidasa usando los cebadores dgLCO y dgHCO (Folmer et al., 1994). La amplificación por PCR se llevó a cabo en reacciones de 30 ml utilizando perlas

Figure 2. Geographic distribution of *Pristimantis dorsopictus* in the north of the Central Cordillera in the department of Antioquia and Caldas, Colombia between 2250 and 3100 m a.s.l. In yellow distribution extent inferred from the IUCN Red List. For more information on localities and coordinates (Appendix 1).

Figura 2. Distribución geográfica de *Pristimantis dorsopictus* en el norte de la cordillera Central en el departamento de Antioquia y Caldas, Colombia entre los 2250 y 3100 m s.n.m. En amarillo extensión de la distribución inferida a partir de la Lista Roja de IUCN. Para ampliación de los datos de localidades y coordenadas (Apéndice 1).



puRe Taq Ready-To-Go (Amersham Biosciences). Posteriormente, enviamos productos de PCR a Macrogen (Macrogen, Inc., Corea) para su secuenciación. Verificamos y editamos los cromatogramas manualmente usando Geneious 9.1.8 (creado por Biomatters y disponible en <http://www.geneious.com>), posteriormente realizamos comparaciones rápidas con el banco de genes (NCBI, 1988; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) para descartar errores en las secuencias. Los números de acceso de Genbank para las secuencias nuevas generadas en este estudio, se proporcionan en el Apéndice 2.

Análisis filogenético. Para construir nuestro conjunto de datos moleculares, tuvimos en cuenta especies incluidas en trabajos previos (i.e. Rivera-Correa & Daza, 2016; González-Durán et al., 2017; Rivera-Correa et al., 2017), a esta matriz agregamos representantes de especies filogenéticamente cercanas a *Pristimantis dorsopictus* (según los resultados preliminares al realizar un Blast; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>). La matriz incluyó 134 terminales que representan 55 especies nominales dentro de *Pristimantis*. Usamos a *Craugastor metriosistus* como raíz (Apéndice 2). Utilizamos el método G-INS-i en MAFFT v7 (Katoh & Standley, 2013) para alinear las matrices de datos moleculares. El conjunto de datos completo comprendió 1469 sitios alineados: 840 sitios de 16S y 630 de COI. Inferimos el mejor esquema de partición y modelo de evolución para cada partición utilizando ModelFinder bajo el criterio BIC (Kalyaanamoorthy et al., 2017). Inferimos el árbol filogenético más óptimo usando máxima verosimilitud en IQTREE (Nguyen et al., 2015), partir de 10.000 búsquedas independientes con los parámetros por defecto del programa. Adicionalmente, estimamos el soporte de nodos a partir de 10.000 pseudorrelicas de Ultra Fast Bootstrap (UFB; Hoang et al., 2018).

Distancia genética. Calculamos las distancias genéticas (DG) sin corregir entre *Pristimantis dorsopictus* y todas las especies relacionadas pertenecientes al grupo *P. boulengeri* (excepto para *P. baiotis* cuyas secuencias no están disponibles). Para ello, utilizamos MEGA 7 (Tamura et al., 2013) a partir de la comparación de 630 pb del marcador COI y 565 pb del marcador 16S. Para las distancias genéticas entre pares de linajes con monofilia recíproca, seguimos los umbrales de 3 % para 16S (Fouquet et al., 2007) y alrededor de 7 % para COI (Lyra et al., 2017), teniendo en cuenta las limitaciones del uso de umbrales para las decisiones taxonómicas (ver discusión). Adicionalmente para determinar la variación genética de las poblaciones consideradas a priori como *P. dorsopictus*, construimos una red de haplotipos utilizando el método de unión por la mediana (Bandelt et al., 1999) implementado en el programa PopART (Leigh, 2016).

Análisis acústico. Analizamos un total de 797 cantos correspondientes a 34 individuos de seis localidades (ver Apéndice 1). Los registros de audio fueron obtenidos con grabadoras TASCAM DR22, TASCAM DR40 y Marantz PMD661, auxiliadas con un micrófono unidireccional SENNHEISER ME66/K6. Obtuvimos grabaciones complementarias depositadas en el Museo de Herpetología Universidad de Antioquia (MHUA). Las variables espectrales y temporales fueron obtenidas en el software Raven Pro 1.5 (Center for Conservation Bioacoustics, 2014) con una frecuencia de muestreo de 44.1 kHz y 16 bits de resolución. Los espectrogramas fueron construidos usando una ventana de Hann con 90 % de superposición y 512 puntos de resolución para la transformada rápida de Fourier (FFT). Siguiendo a Köhler et al. (2017), medimos los siguientes parámetros acústicos (unidades entre paréntesis): (1) frecuencia dominante (kHz), (2) duración del canto (s), (3) tasa de canto (n° cantos/min), (5) intervalo entre cantos (s), (6) número de armónicos, (7) frecuencia de cada armónico (kHz), (8) ancho de banda (BW 90 %), (9) frecuencia 5 % (kHz) y (10) frecuencia 95 % (kHz); estas dos últimas mediciones incluyen la frecuencia más alta y la frecuencia más baja, ignorando el 5 % superior e inferior sobre la banda de frecuencia formada por la distribución de energía (todo esto para disminuir el sesgo de selección manual de dicha banda). Los espectrogramas y oscilogramas se generaron utilizando el paquete Seewave v 2.1.3 (Sueur et al., 2019) en la versión R 4.0.3 (R Core Team, 2020) siguiendo la terminología descrita en Köhler et al. (2017) para la descripción de los cantos. Nuestra unidad de muestreo para el análisis estadístico fue el macho grabado, es decir, calculamos para cada macho el valor medio de las características del canto y luego calculamos una nueva media \pm desviación estándar, seguida del intervalo de variación (mínimo-máximo) (ver Tabla 1).

Análisis morfológico. Determinamos el sexo y la madurez mediante la evaluación de los caracteres sexuales secundarios. Para machos: presencia de excrescencia nupcial en el dedo I de las manos, hendiduras vocales, expansión del saco vocal y registros en campo de machos vocalizando; para hembras: huevos visibles o mediante observación en el campo de amplexo. Haciendo uso de un calibrador digital (Mitutoyo CD-6" CSX) de 0,01 de precisión, medimos 61 individuos machos (incluidos los paratipos) de cinco localidades distintas (ver Apéndice 1). Consideramos 16 variables morfométricas basados en Watters et al. (2016). Estas medidas corresponden a: (1) longitud rostro-cloaca (LRC); (2) ancho de la cabeza (AC); (3) largo de la cabeza (LC); (4) distancia interocular (DIO); (5) distancia entre narinas (DIN); (6) diámetro del ojo (DO); (7) diámetro del tímpano (DT); (8) distancia ojo-narina (DON); (9) longitud del hocico (LH); (10) longitud del pie (LP); (11) longitud de la tibia (LT); (12) longitud del fémur/muslo (LFM);

Table 1. Descriptive statistics (mean ± SD, minimum-maximum) and t Student results for the seven bioacoustic characters measured in the calls of specimens corresponding to clades 1 and 2. Statistically significant results ($P < 0.05$) are highlighted in bold.

Tabla 1. Estadística descriptiva (media ± DE, mínimo-máximo) y resultados t Student para los siete caracteres bioacústicos medidos en los cantos de especímenes correspondientes a los clados 1 y 2. Los resultados estadísticamente significativos ($P < 0.05$) se resaltan en negrita.

Estadística descriptiva			
	Clado 1 n = 20	Clado 2 n = 14	Resultados t-student
Duración canto/nota (s)	0.10 ± 0.02 (0.04–0.14)	0.03 ± 0.01 (0.01–0.04)	t = 12.129 P < 0.001
Ancho de banda 90 % (kHz)	0.29 ± 0.06 (0.19–0.41)	0.36 ± 0.08 (0.26–0.50)	t = -3.020 P < 0.05
Frecuencia dominante (kHz)	3.09 ± 0.12 (2.87–3.27)	5.55 ± 0.28 (5.25–6.19)	t = -28.745 P < 0.001
Frecuencia 5 % (kHz)	3.09 ± 0.12 (2.87–3.27)	5.39 ± 0.28 (5.08–6.03)	t = -29.433 P < 0.001
Frecuencia 95 % (kHz)	3.37 ± 0.15 (3.10–3.61)	5.77 ± 0.28 (5.43–6.38)	t = -28.529 P < 0.001
Cantos/min	21.23 ± 9.51 (8–41)	13.64 ± 4.86 (6–21)	t = 3.043 P < 0.05
Intervalo silencioso (s)	2.74 ± 1.32 (0.95–6.05)	3.61 ± 1.38 (2.51–7.90)	t = -1.846 P = 0.07

(13) longitud de la mano (LM); (14) longitud del antebrazo (LAB); (15) ancho del parpado superior (APS); (16) ancho del disco del dedo IV (ADIV). Para describir el color en vida nos basamos en fotografías digitales. Para la descripción morfológica seguimos a Lynch y Duellman (1997) en tanto que los estados de los caracteres diagnósticos siguen a Duellman y Lehr (2009). En cuanto a la expansión de los discos, tuvimos en cuenta la relación del ancho del disco respecto al ancho del dedo de acuerdo a la codificación de Grant et al. (2006). Siempre que mencionamos un nombre científico, el autor y el año de publicación es citado según la propuesta de Wägele et al. (2011). Comparamos nuestros especímenes con las descripciones originales de especies relacionadas y con especímenes depositados en las siguientes colecciones científicas: Museo de Herpetología de la Universidad de Antioquia (MHUA) en Medellín, Colombia; Museo de Ciencias Naturales de La Salle (CSJ), Medellín, Colombia; Colección de Anfibios del Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia (ICN), Bogotá, Colombia; y la Colección de Anfibios y Reptiles de la Universidad del Quindío (ARUQ), Armenia, Colombia (Apéndice 3).

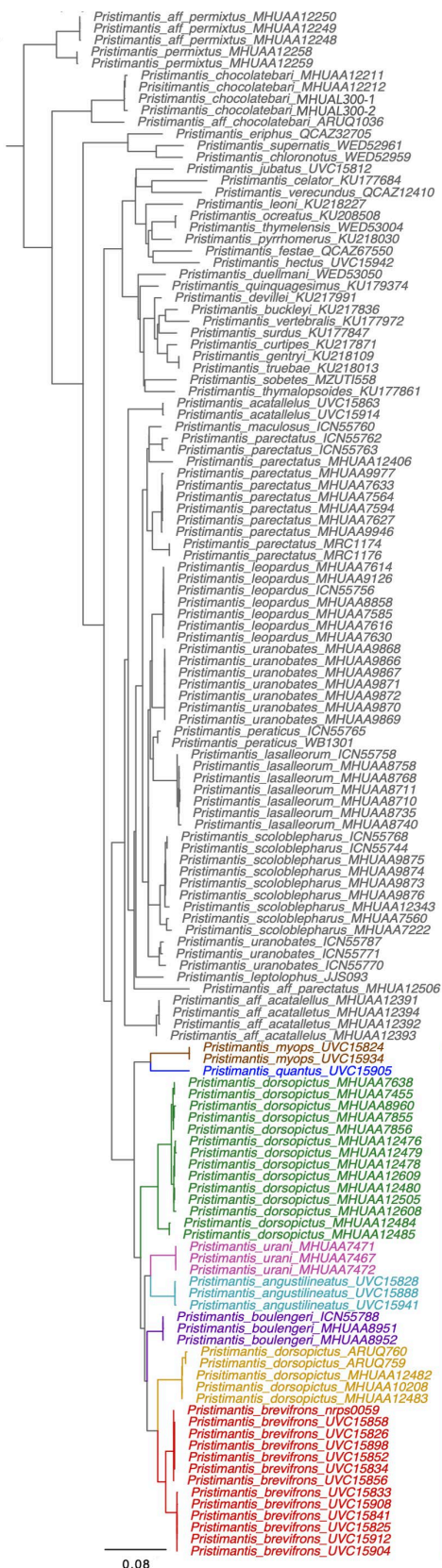
Análisis estadístico. La definición de los grupos para los análisis estadísticos estuvo basada en los resultados de la inferencia filogenética; estos además fueron corroborados con las propiedades de las vocalizaciones. Para las variables acústicas, realizamos análisis univariados, en donde evaluamos la homogeneidad de varianzas y aplicamos una prueba t Student para dos muestras independientes, con el fin de poner a prueba diferencias entre las poblaciones. Para determinar si los efectos del tamaño corporal (LRC) afectaban las diferencias en las propiedades espectrales (frecuencia dominante kHz), se realizó un t Student sobre los residuos de una regresión lineal entre las poblaciones seleccionadas. Realizamos análisis multivariados para determinar si los parámetros acústicos podrían usarse potencialmente para discriminar entre poblaciones (Simões et al., 2008; Padial & De La Riva, 2009; Gambale et al., 2014). Inicialmente usamos los valores medios de los siete parámetros acústicos como variables para el análisis de componentes principales (ACP). Posteriormente consideramos los puntajes generados para cada factor como variables independientes para un análisis de función discriminante (AFD), eliminando posibles auto-correlaciones entre las variables. Los análisis de función discriminante permiten el incumplimiento de supuestos de normalidad y la prueba de significancia resultante continúa con confiabilidad (Tabachnick & Fidell, 1996). Para el análisis de variables morfométricas, se realizó igualmente un ACP con el fin de reducir las dimensiones de las 16 variables, seguido de una t Student para dos muestras independientes, sobre los puntajes generados en el ACP para determinar las diferencias entre poblaciones y un AFD para definir el porcentaje de clasificación predicha por el modelo. Todos los análisis estadísticos los realizamos en el software R versión 4.0.3 (R Core Team, 2020), usando los paquetes factoextra v 1.0.7, MASS v 7.3-53, ggplot2 v 3.3.3.

RESULTADOS

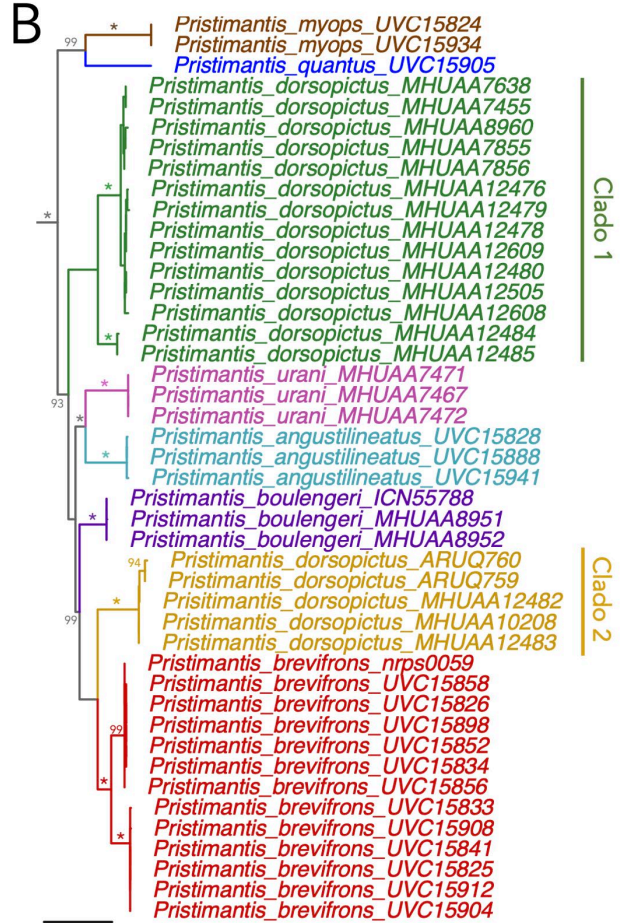
Análisis filogenético. Nuestro análisis resultó en 827 caracteres moleculares invariantes (= 56,3 % de todos los sitios) y 642 posiciones informativas (= 44,7 % de todos los sitios). El mejor esquema resultante fue en cuatro particiones (16S, COIpos1, COIpos2, COIpos3) y los modelos de sustitución nucleotídica para cada uno de estos fueron, los siguientes: 16S: TIM2 + F + R6, COIpos1: TIM3e + G4, COIpos2: TPM3 + F + R2 y COIpos3: TPM3 + F + R2. El árbol de máxima verosimilitud (-lnL = -13800.5, AICc = 28251.1) recuperó un alto soporte en la mayoría de las ramas (Fig. 3). La topología inferida más óptima recuperó al grupo de *Pristimantis boulengeri* como hermano del grupo de *P. leptolophus* (Hedges et al., 2008), con máximo soporte. *Pristimantis dorsopictus* fue recobrada como parte del grupo de *P. boulengeri*, aunque



Fig. 3 A



B



C

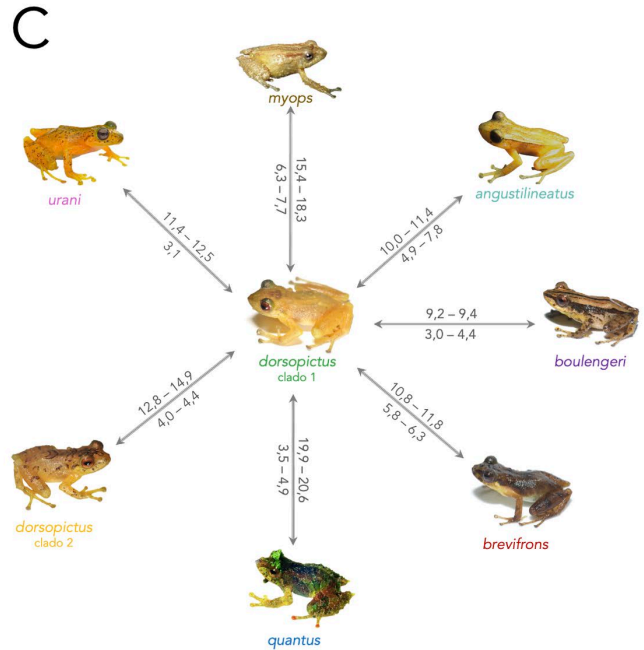


Figure 3 (previous page). (A) Maximum likelihood tree (-lnL = - 13800,5) representing the evolutionary relationships of the *Pristimantis boulengeri* group from analyses of 1469 molecular characters (16S and COI), 132 terminals and 55 nominal species; (B) group highlight showing the phylogenetic position of *Pristimantis dorsopictus* and its respective clades (see text); (C) genetic distances (in percentage) of closely related species within the *P. boulengeri* for 630 aligned bases from the COI region (above and to the right of the arrows) and 565 aligned bases from the 16S region (below and to the left of the arrows). The colors of the species names match the phylogeny.

Figura 3 (página anterior). (A) Árbol de máxima verosimilitud (-lnL = - 13800,5) representando las relaciones evolutivas del grupo *Pristimantis boulengeri* a partir de análisis de 1469 caracteres moleculares (16S y COI), 132 terminales y 55 especies nominales; (B) destaque del grupo mostrando la posición filogenética de *Pristimantis dorsopictus* y sus respectivos clados (ver texto); (C) distancias genéticas (en porcentaje) de las especies estrechamente relacionadas al interior del grupo *P. boulengeri* para 630 bases alineadas de la región COI (sobre y a la derecha de las flechas) y 565 bases alineadas de la región 16S (debajo y a la izquierda de las flechas). Los colores de los nombres de las especies coinciden con la filogenia.

destacamos no fue recuperada como una especie monofilética. En primer lugar, dos especímenes (MHUA-A 12480 y MHUA-A 12505), de la localidad tipo, Sonsón, se agrupan con individuos de los municipios de Bello, Belmira, El Carmen de Viboral y Medellín y todos ellos a un subclado de dos terminales de San Andrés de Cuerquia moderadamente divergente (MHUA-A 12484 y MHUA-A 12485), ellos formando un clado (Clado 1). Este Clado 1 es externo a todos los demás miembros del grupo de *P. boulengeri* excepto *P. myops* y *P. quantus*. En segundo lugar, tres especímenes de la localidad tipo (MHUA-A 10208, MHUA-A 12482 y MHUA-A 12483) y dos especímenes de Pensilvania, Caldas (ARUQ759 y ARUQ760) constituyen el Clado 2, recuperado como hermano de *P. brevifrons* (Fig. 3B).

Distancia genética. Las distancias genéticas no corregidas para *Pristimantis dorsopictus* al interior del Clado 1 fueron de 0,0 a 2,2 % para 16S (total = 13 individuos) y de 0,0 a 6,6 % para COI (total = 9 individuos). La divergencia genética entre los individuos del Clado 1 y Clado 2 fue de 4,0 a 4,4 % para 16S de 12,8 a 14,9% para el marcador COI. Adicionalmente, individuos del Clado 2 e individuos de *P. brevifrons*, su especie hermana, presentaron divergencias de 5,8 a 6,3% y 7,3 a 9,1% para 16S y COI respectivamente (Fig. 3C; Apéndices 4–5).

Análisis acústico. Los promedios de las variables acústicas de cada individuo se agregaron en dos grupos, congruentes con el Clado 1 y Clado 2 recuperados en nuestra filogenia (Fig. 4). El canto de anuncio de los dos clados evaluados está compuesto de una sola nota pulsátil, sin distinción entre pulsos, sin

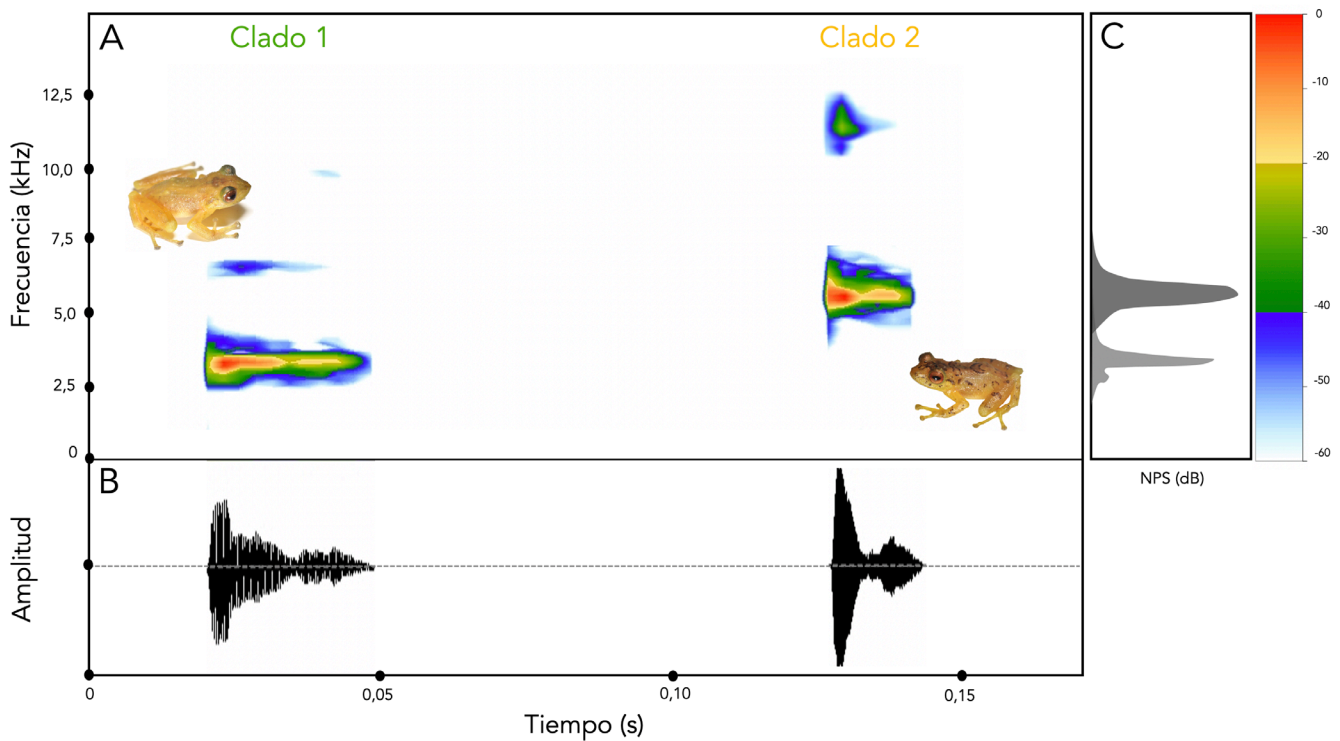


Figure 4. Representation of *Pristimantis dorsopictus* advertisement calls. Clade 1: MHUA-A 12478 Clade 2: MHUA-A 12492. (A) Spectrogram; (B) oscillogram; (C) power spectrum.

Figura 4. Representación de los cantos de anuncio de *Pristimantis dorsopictus*. Clado 1: MHUA-A 12478 Clado 2: MHUA-A 12492. (A) Espectrograma; (B) oscillograma; (C) espectro de potencia.

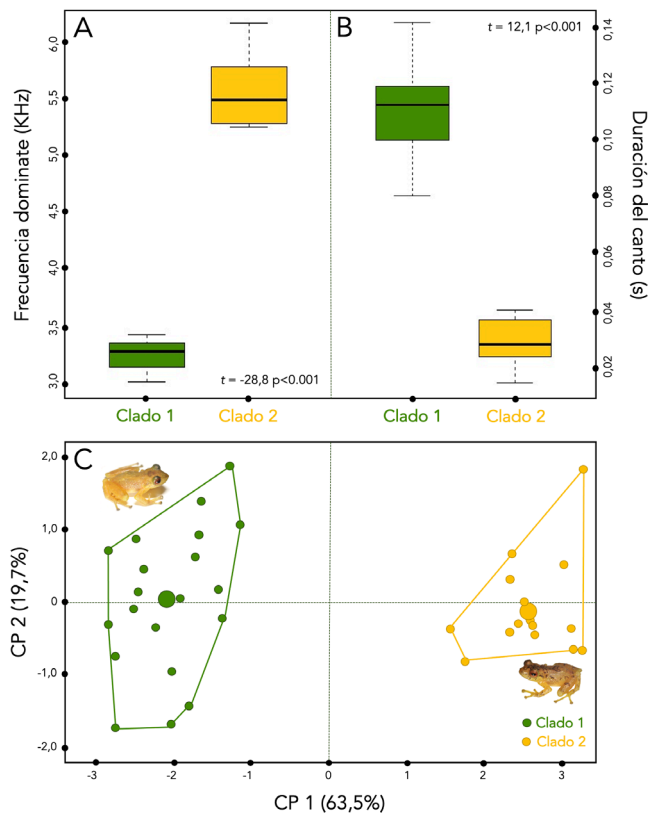


Figure 5. Variation in spectral and temporal characteristics of advertisement calls between clade 1 and clade 2 associated with *Pristimantis dorsopictus*. (A) Significant differences in dominant frequency ($F = 909.8$; $P < 0.001$); (B) significant differences in calls duration ($F = 128.6$; $P < 0.001$); (C) clusters of the first two Principal Component Analysis (PCA) components explaining 82.3% of the overall variation at the acoustic level.

Figura 5. Variación en las características espectrales y temporales del canto de anuncio entre el clado 1 y clado 2 asociados con *Pristimantis dorsopictus*. (A) Diferencias significativas en la frecuencia dominante ($F = 909.8$; $P < 0.001$); (B) diferencias significativas en la duración del canto ($F = 128.6$; $P < 0.001$); (C) agrupaciones de los dos primeros componentes del Análisis de Componentes Principales (ACP) explicando el 82,3 % de la variación global a nivel acústico.

modulación de frecuencia y con uno a tres armónicos (Fig. 4). A pesar de la similitud estructural, los análisis acústicos y estadísticos demuestran que hay diferencias significativas entre ambos agrupamientos para algunas variables espectrales y temporales (Tabla 1). La frecuencia dominante del Clado 1 fue de $3,09 \pm 0,12$ (2,87–3,27) kHz, mientras que para el Clado 2 fue de $5,55 \pm 0,28$ (5,25–6,19) kHz. La prueba t Student aplicada a los residuos de la regresión lineal indicó que, después de controlar el efecto del tamaño de los individuos sobre la frecuencia dominante, se siguen observando diferencias significativas entre

las poblaciones ($r^2 = 0,620$; $P < 0,05$; Fig. 5A). Los individuos del Clado 1 presentaron un canto de anuncio con mayor duración respecto al Clado 2 (Fig. 5B). Solo el intervalo entre cantos no mostró diferencias estadísticas entre los grupos (Tabla 1). Nuestro análisis multivariado muestra una clara distinción entre ambos clados, sin superposición (Fig. 6C).

En el análisis ACP, los dos primeros componentes explican el 83,2 % de la variación total; algunas variables que explican esta variación fueron la frecuencia dominante, frecuencia máxima y mínima y la duración del canto (Tabla 2). Los resultados del AFD mostraron que los individuos se clasifican correctamente en los Clado 1 y Clado 2, en el 100 % de los casos. La variación global resultante en los cantos de anuncio entre los dos clados

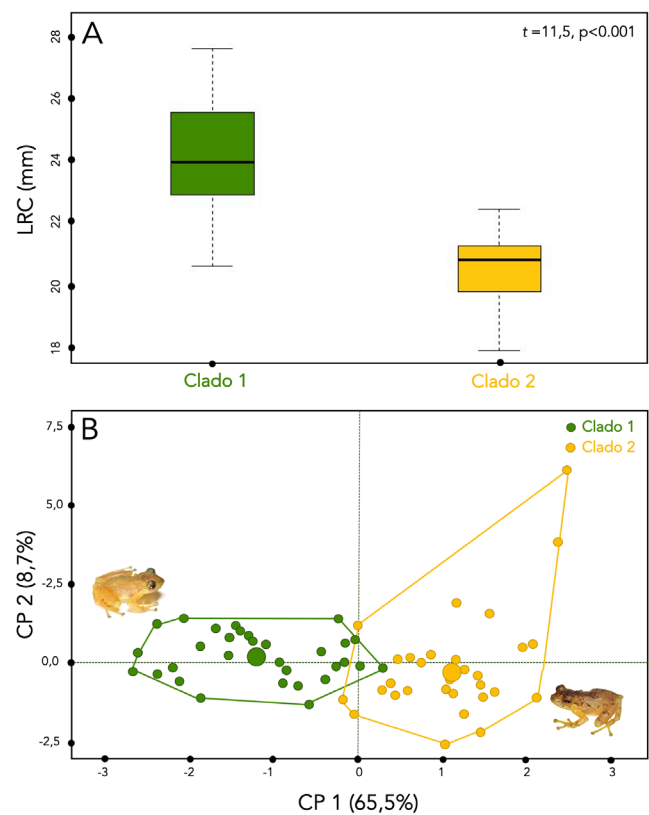


Figure 6. Multivariate analysis of morphometric measures between clade 1 and clade 2 associated with *Pristimantis dorsopictus*. (A) Principal Component Analysis (PCA) for the first two components; (B) clustering between the first two dimensions of the Discriminant Analysis (DA) representing 74.275% of the discrimination between groups.

Figura 6. Análisis multivariado de medidas morfológicas entre el clado 1 y clado 2 asociados a *Pristimantis dorsopictus*. (A) Análisis de Componentes Principales (ACP) para las dos primeras componentes; (B) agrupaciones entre las dos primeras dimensiones del Análisis Discriminante (AD) representando el 74.275% de la discriminación entre grupos.

Table 2. Results of Principal Component Analysis for acoustic variables from *Pristimantis dorsopictus sensu lato*.

Tabla 2. Resultados del Análisis de Componentes Principales para variables acústicas de *Pristimantis dorsopictus sensu lato*.

Parámetros acústicos	Componentes principales	
	CP1	CP2
Duración del canto (s)	-0.430	0.145
Ancho de banda (90 %)(kHz)	0.279	-0.198
Frecuencia Dominante (kHz)	0.461	-0.125
Frecuencia 5 % kHz	0.460	-0.121
Frecuencia 95 % kHz	0.463	-0.130
Cantos/min	-0.243	-0.644
Intervalos silenciosos (s)	0.195	0.691
Eigenvalor	4.447	1.377
Desviación estándar	2.109	1.173
Proporción de variación (%)	63.531	19.673
Proporción acumulada (%)	63.531	83.204

evaluados, mostró diferencias que implican una segregación en caracteres bioacústicos, tanto en los análisis univariados como multivariados.

Análisis morfométrico. Nuestros análisis, revelan variaciones en las medidas morfométricas entre los dos grupos evaluados (Tabla 3). Los resultados del ACP mostraron una separación entre los clados 1 y 2 con una variación total del 74,3 %, explicada por las dos primeras componentes, y aunque la mayoría de cargas contribuyeron en valores similares, las variables que mejor explicaron la variación fueron la longitud rostro-cloaca,

el ancho de la cabeza y el diámetro del tímpano (Fig. 6; Tabla 4). El primer componente que explica el 65,5 % de la variación, demostró ser significativamente diferente para los dos grupos ($P < 0,001$; $t = -11,71$). Los resultados del AFD mostraron que los individuos fueron clasificados correctamente ($n = 63$), en los dos clados propuestos en el 95,2 % de los casos, con solo un individuo clasificado erróneamente. Esto indica que, aunque hay un pequeño solapamiento entre individuos de diferentes grupos las diferencias entre caracteres morfométricos son suficientemente marcadas para asignarlos a uno u otro clado.

Red de haplotipos. Para el marcador COI identificamos 13 haplotipos diferentes, sin dominancia de alguno de ellos; recuperamos un total de 167 sitios de nucleótidos variables del total de 630 posiciones, sin inserciones o deleciones. De los haplotipos asignados a priori como pertenecientes a *Pristimantis dorsopictus*, la red recuperó tres agrupaciones con estructura geográfica, excepto para la localidad de Sónson con dos haplotipos marcadamente distantes. Geográficamente, de norte a sur, observamos una agrupación de dos haplotipos correspondiente a individuos de San Andrés de Cuerquia (los más divergentes) e individuos de Belmira, Medellín, El Carmen de Viboral y Sonsón todos pertenecientes al Clado 1 (en verde), y una segunda agrupación incluyendo individuos de Sonsón y Pensilvania pertenecientes al Clado 2 (en amarillo; Fig. 7).

Inferencia taxonómica. Los resultados de nuestros análisis filogenéticos revelan que *Pristimantis dorsopictus* no es monofilética y que integrando además la evidencia bioacústica, morfológica y morfométrica bajo este nombre actualmente se incluyen al menos dos linajes evolutivos independientes y fenotípicamente diagnosticables (Fig. 7). A pesar de que en la descripción de *Pristimantis dorsopictus*, Rivero y Serna (1988) no mencionan ningún carácter diagnóstico único de morfología externa para delimitar a esta especie, la obtención de nuevo material de la localidad tipo y comparación con la serie tipo sugieren que algunos de los especímenes obtenidos de Sonsón (Antioquia) y Pensilvania (Caldas) pertenecientes al Clado 2 de nuestra inferencia filogenética, constituyen *P. dorsopictus sensu stricto*. Estos últimos son en promedio individuos más pequeños, con tubérculos cónicos y emiten un canto de anuncio más agudo y de menos duración (ver Resultados).

En consecuencia, reconocemos los individuos del norte de la Cordillera Central en los municipio de Bello, Belmira, El Carmen de Viboral, Medellín, San Andrés de Cuerquia y algunos de Sónson, todos estos pertenecientes al Clado 1, como una nueva especie (Fig. 8), que describiremos formalmente.



SISTEMÁTICA

***Pristimantis dorsopictus* (Rivero y Serna, 1998)**

La descripción proporcionada por Rivero y Serna (1998) es adecuada; sin embargo, algunos individuos de la serie tipo corresponden a hembras subadultas (6 individuos) y juveniles (2 individuos). Además, especímenes adicionales, observaciones en campo, variación de estructuras morfológicas y de coloración y atributos de la historia natural han sido registrado en las últimas dos décadas, lo que ha proporcionado nueva información de la especie. Por lo tanto presentamos una definición enmendada a partir de la revisión de la serie tipo (28 individuos) y 23 nuevos individuos de colecciones recientes.

Definición. *Pristimantis dorsopictus* se caracteriza por la siguiente combinación de caracteres: (1) piel del dorso lisa con algunos tubérculos redondeados; pliegues dorsolaterales ausentes; vientre areolado; pliegue discoidal anterior a la ingle; (2) tímpano superficial, redondo, orientado lateralmente; anillo timpánico prominente; membrana timpánica parcialmente translúcida; DT = 38–48 % del DO; pliegue supratimpánico presente, cubriendo la margen superior del anillo timpánico; (3) uno a tres tubérculos postrictales presentes, cónicos; (4) hocico corto, acuminado en vista dorsal, redondo en vista lateral, con pequeña papila en la punta del hocico; *canthus rostralis* cóncavo en vista dorsal, ligeramente redondo en sección transversal; (5) párpado superior con un tubérculo cónico prominente rodeado por algunos tubérculos redondeados pequeños; párpado más estrecho que la distancia interorbital; (6) crestas craneales ausentes; (7) coanas pequeñas, ovoides, no cubiertas por el paladar; procesos vomerianos posteriores al nivel de las coanas; moderadamente separados, con 2 a 4 dientes cada uno; (8) machos con hendiduras vocales, con saco vocal subglotal y almohadillas nupciales blancas, glandulares; (9) dedo I del mano menor que el dedo II; discos moderadamente expandidos en los dedos de la mano III–IV; (10) dedos con rebordes cutáneos laterales; tubérculo palmar dividido; tubérculo tenar ovoide, ligeramente menor que palmar; tubérculos supernumerarios bajos; tubérculos subarticulares con base redonda, mayores que los tubérculos supernumerarios (11) tubérculos ulnares subcónicos; (12) talón con un tubérculo pequeño, pequeños tubérculos en el borde externo de la rodilla, canilla y tarso; pliegue tarsal interno ausente; (13) tubérculo metatarsal externo cónico, tubérculo metatarsal interno elíptico, el doble de tamaño del externo; abundantes tubérculos supernumerarios bajos, redondos; (14) dedos del pie sin rebordes cutáneos laterales o indistintos; discos grandes, más anchos que el ancho de los dedos; sin membranas interdigitales; dedo V más largo que el dedo III y alcanza el límite proximal del tubérculo

subarticular del dedo IV; tubérculo hiperdistal presente en todos los dedos; (15) dorso amarillo claro, amarillo limón o café con bandas longitudinales o manchas en forma de V de color café oscuro, salmón o verde oliva (Fig. 8); superficies ocultas de los muslos y flancos amarillas; garganta y saco vocal amarillo pálido; vientre con peritoneo crema; superficies ocultas de las axilas e ingles amarillas; superficies anteriores de los muslos y piernas amarillas a café pálido; superficie ventral de las extremidades posteriores amarilla con puntos negros; (16) iris rojo cobrizo más oscuro hacia la pupila, con retículos café oscuro a negros; (17) LRC en hembras: 32.2–32.4 mm (n = 2); en machos: 17.3–22.5 mm (19.99 ± 1.096, n = 35); (18) canto de anuncio compuesto por una nota pulsada, con uno a tres armónicos, de 0.03 ± 0.01 (0.01–0.04) segundos de duración, y una frecuencia dominante de 5.55 ± 0.28 (5.25–6.19) kHz.

***Pristimantis cryptopictus* sp. nov.**

(Figs. 9 y 10)

Pristimantis dorsopictus —Rivera-Correa y Daza (2016)

Pristimantis dorsopictus —Rivera-Correa, Jiménez y Daza (2017)

Pristimantis dorsopictus —Patiño-Ocampo, López-Murillo y Rivera-Correa (2021)

Holotipo. MHUA-A 12478 macho adulto (Fig. 9), colectado en Colombia, Departamento de Antioquia, Municipio El Carmen de Viboral, Vereda La Madera, vía El Carmen de Viboral-La Unión (6.032961° N, 75.327789° W, 2660 m s.n.m.), colectado 29 de junio de 2019 por Eliza Patiño-Ocampo, Andrés Castaño, Khristian Venegas, Diego Botero y Mauricio Rivera-Correa.

Paratipos. MHUA-A 12476–77, MHUA-A 12479, tres machos adultos, datos iguales a los del holotipo. MHUA-A 6251, macho adulto, Colombia, Departamento de Antioquia, Municipio de Medellín, Corregimiento de Santa Elena, Reserva Natural Montevivo (6.208527778° N, 75.4911111° W, 2560 m s.n.m.), colectado en el 2017 por Laura Bravo. MHUA-A 7455, macho adulto, Colombia, Departamento de Antioquia, Municipio de Belmira, Vereda Montanitas, Reserva Corantioquia (6.61457° N, 75.6309° W, 2872 m s.n.m.), colectado en el 2012 por Laura Bravo. MHUA-A 7638, macho adulto, Colombia, Departamento de Antioquia, Municipio de Belmira, Vereda Río Arriba, Páramo del Sol (6.622391° N, 75.645416° W, 3100 m s.n.m.), colectado en el 2011 por Carlos Jiménez y Carlos Botero. MHUA-A 7855–56, dos machos adultos, Colombia, Departamento de Antioquia,

Table 3. Descriptive statistics (mean ± SD, minimum-maximum) for the 16 morphometric characters measured in male specimens corresponding to clades 1 and 2 of *Pristimantis dorsopictus sensu lato*. All variables measured in millimeters.

Tabla 3. Estadística descriptiva (media ± DE, mínimo-máximo) para los 16 caracteres morfométricos medidos en los especímenes machos correspondientes a los clados 1 y 2 de *Pristimantis dorsopictus sensu lato*. Todas las variables medidas en milímetros.

	Estadística descriptiva	
	Clado 1 n = 30	Clado 2 n = 35
LRC	24.085 ± 1.660 (20.59–27.230)	19.992 ± 1.096 (17.290–22.470)
AC	8.752 ± 0.616 (7.850–9.780)	7.156 ± 0.516 (5.810–8.320)
LC	8.374 ± 0.576 (7.120–9.470)	7.058 ± 0.572 (5.840–8.370)
DIO	3.216 ± 0.233 (2.790–3.820)	2.548 ± 0.319 (2.100–3.470)
DIN	1.832 ± 0.120 (1.620–2.190)	1.782 ± 0.228 (0.980–2.150)
DO	2.977 ± 0.335 (2.340–3.800)	2.635 ± 0.289 (2.030–3.130)
DT	1.295 ± 0.150 (1.050–1.630)	1.195 ± 0.159 (0.890–1.560)
DON	2.487 ± 0.199 (2.040–2.890)	2.009 ± 0.201 (1.640–2.380)
LH	3.801 ± 0.302 (3.230–4.340)	3.245 ± 0.291 (2.560–3.760)
LP	16.277 ± 1.386 (14.020–18.530)	13.245 ± 1.114 (11.210–16.060)
LT	12.311 ± 0.771 (10.980–13.790)	10.359 ± 0.454 (9.330–11.370)
LFM	11.622 ± 0.888 (9.530–13.300)	9.347 ± 0.7521 (7.900–11.450)
LM	7.394 ± 0.599 (6.230–8.440)	6.038 ± 0.468 (4.530–6.940)
LAB	5.608 ± 0.749 (4.480–7.380)	4.784 ± 0.488 (4.120–6.00)
APS	2.143 ± 0.238 (1.700–2.550)	1.791 ± 0.236 (1.160–2.150)
ADIV	1.283 ± 0.129 (1.040–1.560)	1.100 ± 0.230 (0.750–1.570)

Municipio de Medellín, Corregimiento de Santa Elena, Reserva Natural Monteviso (6.211347° N, 75.489166° W, 2610 m s.n.m.), colectado 19 de enero del 2013 por Alejandro Montoya. MHUA-A 08960, MHUA-A 12473, dos machos adultos, Colombia, Departamento de Antioquia, Municipio de Bello, Corregimiento de San Félix, Vereda Las Huertas, Quebrada El Hato (6.331388889°

Table 4. Results of Principal Component Analysis for morphometric measurements of *Pristimantis dorsopictus sensu lato*.

Tabla 4. Resultados del Análisis de Componentes Principales para las medidas morfométricas de *Pristimantis dorsopictus sensu lato*.

Variables morfométricas	Componentes principales	
	CP1	CP2
LRC	-0.294	0.020
AC	-0.298	-0.055
LC	-0.282	-0.023
DIO	-0.271	0.142
DIN	-0.126	-0.562
DO	-0.209	-0.324
DT	0.055	0.577
DON	-0.281	0.095
LH	-0.278	-0.059
LP	-0.265	0.247
LT	-0.275	0.175
LFM	-0.283	0.093
LM	-0.289	0.026
LAB	-0.250	0.154
APS	-0.219	-0.280
ADIV	-0.179	0.079
Eigenvalor	10.487	1.397
Desviación estándar	3.238	1.182
Proporción de varianza (%)	65.542	8.732
Proporción acumulada (%)	65.542	74.275

N, 75.6361111° W, 2660 m s.n.m.), colectado 5 de junio de 2010 por Alejandro Montoya, Felipe Duarte y Mauricio Rivera-Correa.

MHUA-A 12474–75, machos adultos, colectados en Colombia, Departamento de Antioquia, Municipio El Carmen de Viboral,



Vereda La Madera, vía El Carmen de Viboral-La Unión (6.032961° N, 75.327789° W, 2660 m s.n.m.), colectado 29 de marzo de 2018 por Juan Pablo Giraldo, Juan Pablo Zuluaga, Khristian Venegas, Diego Botero y Mauricio Rivera-Correa. MHUAA 12480, macho adulto, Colombia, Departamento de Antioquia, Municipio de Sonsón, Vereda Roblalito B, Alto Cerro Cristo Rey, vía Sonsón-Nariño (5.7009° N, 75.24971667° W, 2800 m s.n.m.), colectado el 27 de diciembre de 2018 por Eliza Patiño-Ocampo, Andrés Castaño, Khristian Venegas, Diego Botero, y Hader Correa. MHUAA 12505, macho adulto, Colombia, Departamento de Antioquia, Municipio de Sonsón, Vereda Roblalito B, Alto Cerro Cristo Rey, vía Sonsón-Nariño (5.7009° N, 75.24971667° W, 2800 m s.n.m.), colectado el 27 de diciembre de 2018 por Eliza Patiño-Ocampo, Khristian Venegas, Diego Botero, Hader Correa y Mauricio Rivera-Correa. MHUA-A 12608-09, dos machos adultos, colectados en Colombia, Departamento de Antioquia, Municipio El Carmen de Viboral, Vereda La Linda, cerca de la antigua escuela Veredal (5.96925° N, 75.281333° W, 2644 m s.n.m.), colectado 17 de noviembre de 2015 por Diego Rivera. MHUA-A 12618-19, dos machos adultos, colectados en Colombia, Departamento de Antioquia, Municipio El Carmen de Viboral, Vereda La Linda, cerca de la antigua escuela Veredal (5.964611° N, 75.285444° W, 2566 m s.n.m.), colectado 20 de noviembre de 2015 por Diego Rivera.

Material referido. MHUA-A 12481, juvenil, colectado en Colombia, Departamento de Antioquia, Municipio El Carmen de Viboral, Vereda La Madera, vía El Carmen de Viboral-La Unión, (6.032961° N, 75.327789° W, 2660 m s.n.m.), colectado 29 de junio de 2019 por Eliza Patiño-Ocampo, Andrés Castaño, Khristian Venegas, Diego Botero, y Mauricio Rivera-Correa.

Etimología. El epíteto específico *cryptopictus* está compuesto de la palabra de origen griego *kryptos* (oculto, secreto) y la palabra de origen latino *pictus* (pintado, manchado). El epíteto específico es un adjetivo que hace referencia a que esta nueva especie permaneció oculta bajo el nombre de *Pristimantis dorsopictus* por más de tres décadas. Al igual que esta última, la especie nueva presenta un patrón de manchas y puntos irregulares en su cuerpo.

Posición genérica. Basados en su posición filogenética asignamos la nueva especie al género *Pristimantis*, como parte del grupo de especies de *Pristimantis boulengeri*. De acuerdo a González-Durán et al. (2017), los miembros de este grupo comparten los siguientes estados de caracteres morfológicos, propuestos como sinapomorfías del grupo: (1) presencia de un tubérculo hiperdistal en el dedo III de la mano; (2) presencia de un tubérculo hiperdistal en el dedo IV de la mano; (3) peritoneo

parietal cubierto con iridóforos; (4) saco vocal externo extendido; (5) hocico con papila dérmica.

Definición. *Pristimantis cryptopictus* sp. nov. se caracterizada por la siguiente combinación de caracteres: (1) piel del dorso lisa, con algunos tubérculos redondeados y planos esparcidos en los flancos; pliegues dorsolaterales ausentes; vientre areolado; pliegue pectoral y discoidal presentes; (2) tímpano redondeado; DT = 40–50 % del DO; margen superior cubierto por el pliegue supratimpánico; anillo timpánico y membrana timpánica presentes, (3) uno o dos tubérculos postrictales subcónicos pequeños; (4) hocico acuminado en vista dorsal, con papila en la punta del hocico; (5) párpado superior con un tubérculo redondeado rodeado por algunos tubérculos redondos más pequeños; párpado más estrecho que la distancia interorbital; (6) crestas craneales ausentes; (7) coanas visibles, procesos de los odontóforos vomerianos pequeños, oblicuos, posteriores a las coanas y moderadamente separados, con 3 a 5 dientes cada uno; (8) machos con hendiduras vocales, con saco vocal subgular y almohadillas nupciales no queratinizadas; (9) dedo I de la mano menor que el dedo II; discos de los dedos de la mano II al IV moderadamente expandidos; dedo III con tubérculo subarticular distal simple y dedo IV con tubérculo subarticular distal doble; (10) dedos sin rebordes cutáneos; tubérculo palmar dividido; tubérculo tenar ovoide, ligeramente más pequeño que palmar; tubérculos supernumerarios bajos; tubérculos subarticulares con base redonda, más grandes que tubérculos supernumerarios; (11) tubérculos ulnares presentes, bajos; (12) tubérculo calcar ausente; pequeños tubérculos presentes en el borde externo de la pierna, rodilla y tarso; pliegue tarsal interno presente; (13) tubérculo metatarsal externo cónico, tubérculo metatarsal interno elíptico, el doble de tamaño del externo; abundantes tubérculos supernumerarios bajos, redondos; (14) dedos del pie sin rebordes cutáneos laterales o indistintos; discos grandes, más anchos que el ancho de los dedos; sin membranas interdigitales; dedo V más largo que el dedo III y alcanza el límite proximal del tubérculo subarticular del dedo IV; tubérculo hiperdistal presente en todos los dedos; (15) dorso amarillo claro, naranja o café oscuro, con o sin puntos, con o sin manchas irregulares en todo el cuerpo, pero sin franjas o líneas longitudinales; superficies ocultas de los muslos y flancos immaculadas, de color amarillo o café crema; garganta y saco vocal amarillos; vientre con peritoneo blanco a crema; superficies ocultas de las axilas e ingles amarillas; superficies anteriores de los muslos y piernas amarillas; superficies posteriores de los muslos immaculados y amarillos; (16) iris rojo cobrizo, más oscuro hacia la pupila, con retículos café a negros; (17) LRC en machos: 20.6–27.2 mm (24.08 ± 1.66; n = 30), hembras desconocidas; (18) canto de anuncio compuesto por una nota pulsada, con uno a tres armónicos, de

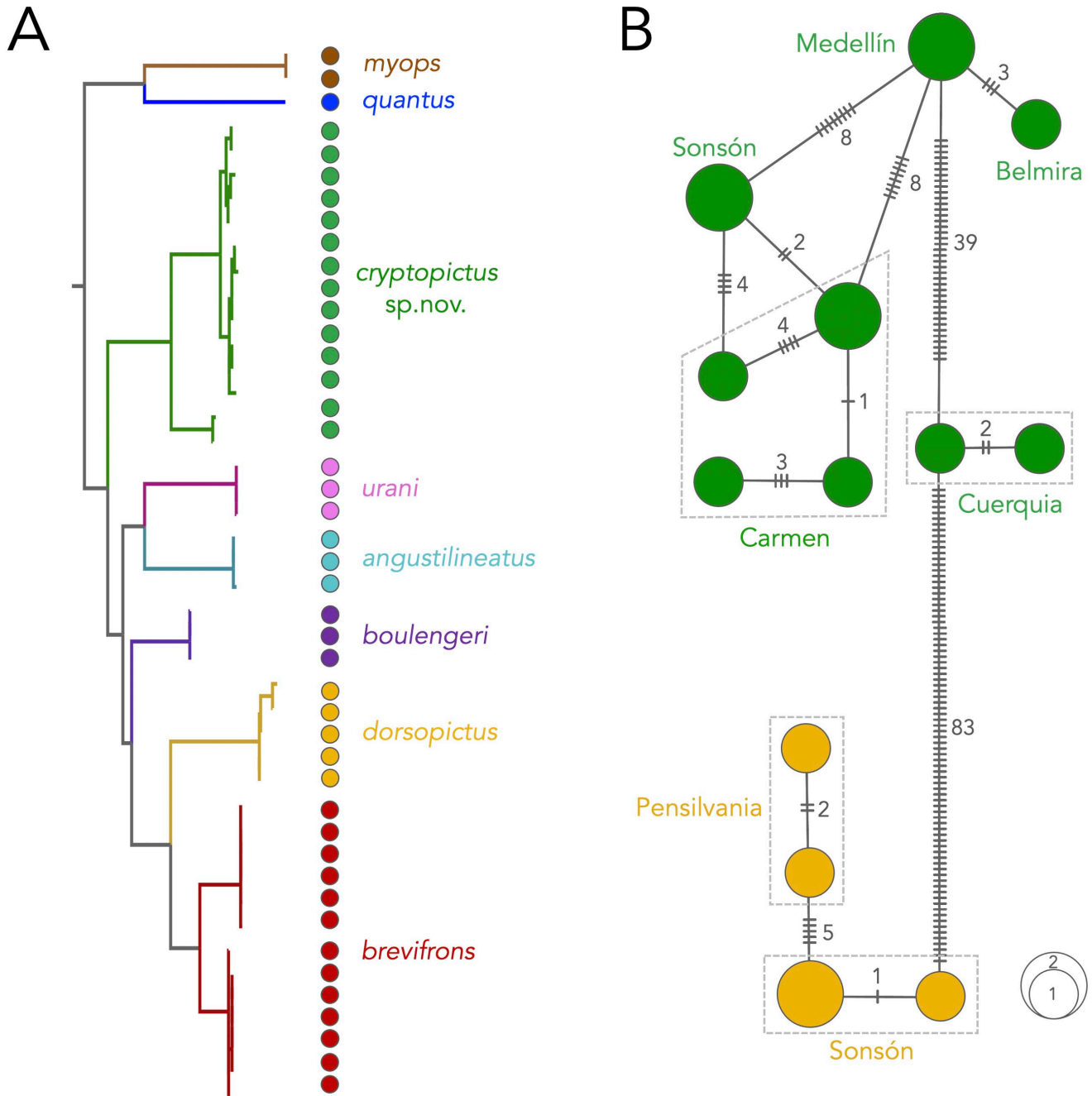


Figure 7. (A) Phylogenetic relationships based on Figure 3, detailing the new taxonomic determination from molecular, bioacoustics and morphological evidence; (B) haplotype network based on 630 bp of the COI region for *Pristimantis cryptopictus* sp. nov. in green and *P. dorsopictus* in yellow. The names in the net refer to the localities where the haplotypes originate and the dotted boxes refer to different haplotypes in the same locality. The numbers indicate the total number of mutations between haplotypes and the size of the circles represents the number of individuals possessing the same haplotype. Note the number of mutations in the San Andrés de Cuerquia population (deepest clade) for *P. cryptopictus* sp. nov.

Figura 7. (A) Relaciones filogenéticas basado en la figura 3, detallando la nueva determinación taxonómica a partir de la evidencia molecular, bioacústica y morfológica; (B) red de haplotipos basada en 630 pb de la región COI para *Pristimantis cryptopictus* sp. nov. en verde y *P. dorsopictus* en amarillo. Los nombres en la red hacen referencia a las localidades donde provienen los haplotipos y los recuadros punteados hacen referencia a diferentes haplotipos en una misma localidad. Los números indican el total de mutaciones entre haplotipos y el tamaño de los círculos representa el número de individuos que poseen el mismo haplotipo. Note el número de mutaciones de la población de San Andrés de Cuerquia (clado más profundo) para la *P. cryptopictus* sp. nov.

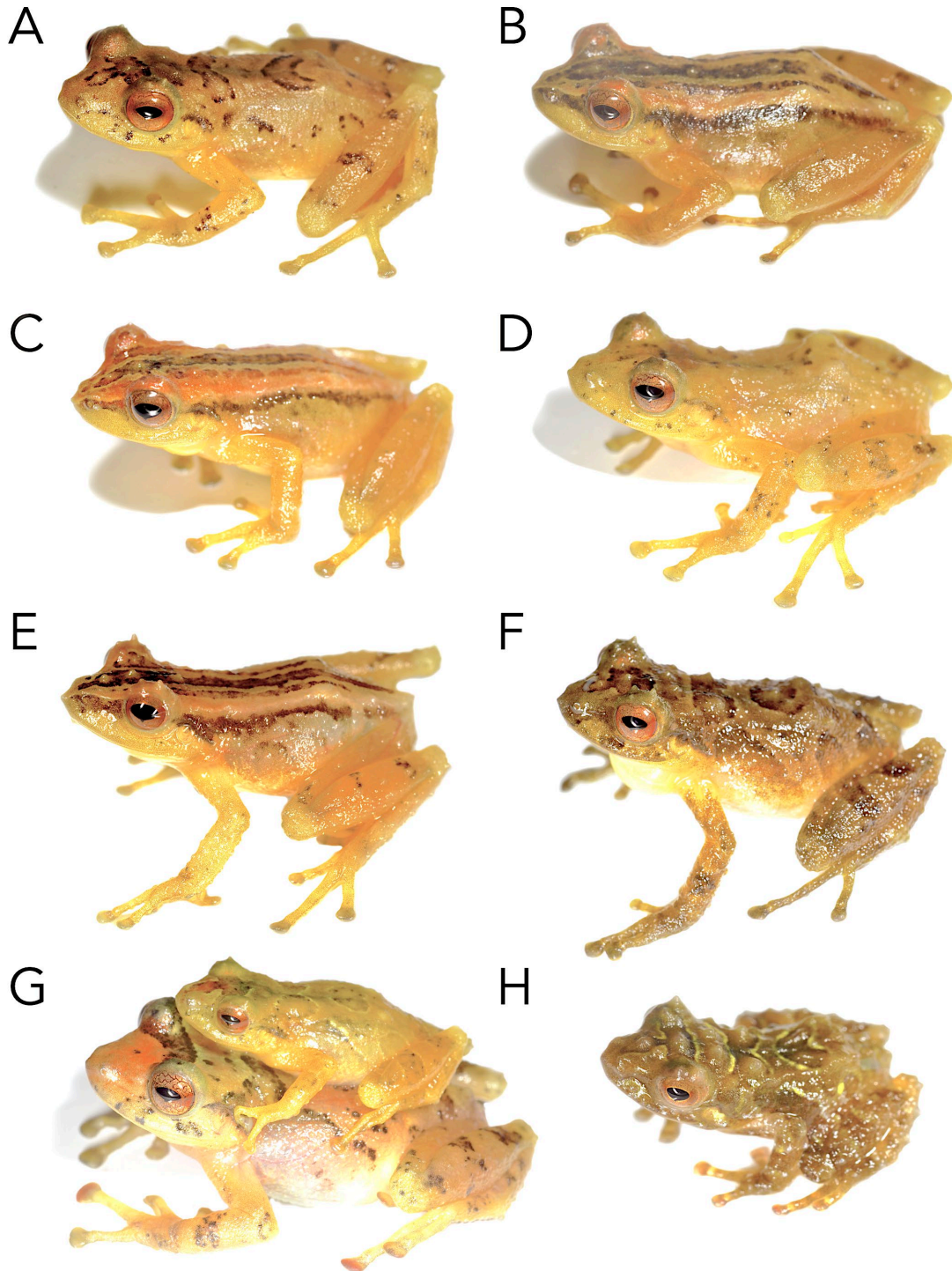


Figure 8. *Pristimantis dorsopictus* in life: (A) MHUA-A 12483, SVL 19.1 mm, adult male; (B) MHUA-A 12482, SVL 20.1 mm, adult male; (C) MHUA-A 12490, SVL 19.6 mm, adult male; (D) MHUA-A 12499, SVL 20.9 mm, adult male; (E) MHUA-A 12501, SVL 18.7 mm, adult male; (F) MHUA-A 12502, SVL 20.0 mm, adult male; (G) MHUA-A 12493, SVL 20.8 mm, adult male; MHUA-A 12494, SVL 30.8 mm, adult female; (H) MHUA-A 12503, SVL 10.1 mm, juvenile. Photos: MRC

Figura 8. *Pristimantis dorsopictus* en vida: (A) MHUA-A 12483, SVL 19.1 mm, macho adulto; (B) MHUA-A 12482, SVL 20.1 mm, macho adulto; (C) MHUA-A 12490, SVL 19.6 mm, macho adulto; (D) MHUA-A 12499, SVL 20.9 mm, macho adulto; (E) MHUA-A 12501, SVL 18.7 mm, macho adulto; (F) MHUA-A 12502, SVL 20.0 mm, macho adulto; (G) MHUA-A 12493, SVL 20.8 mm, macho adulto; MHUA-A 12494, SVL 30.8 mm, hembra adulta; (H) MHUA-A 12503, SVL 10.1 mm, juvenil. Fotos: MRC.

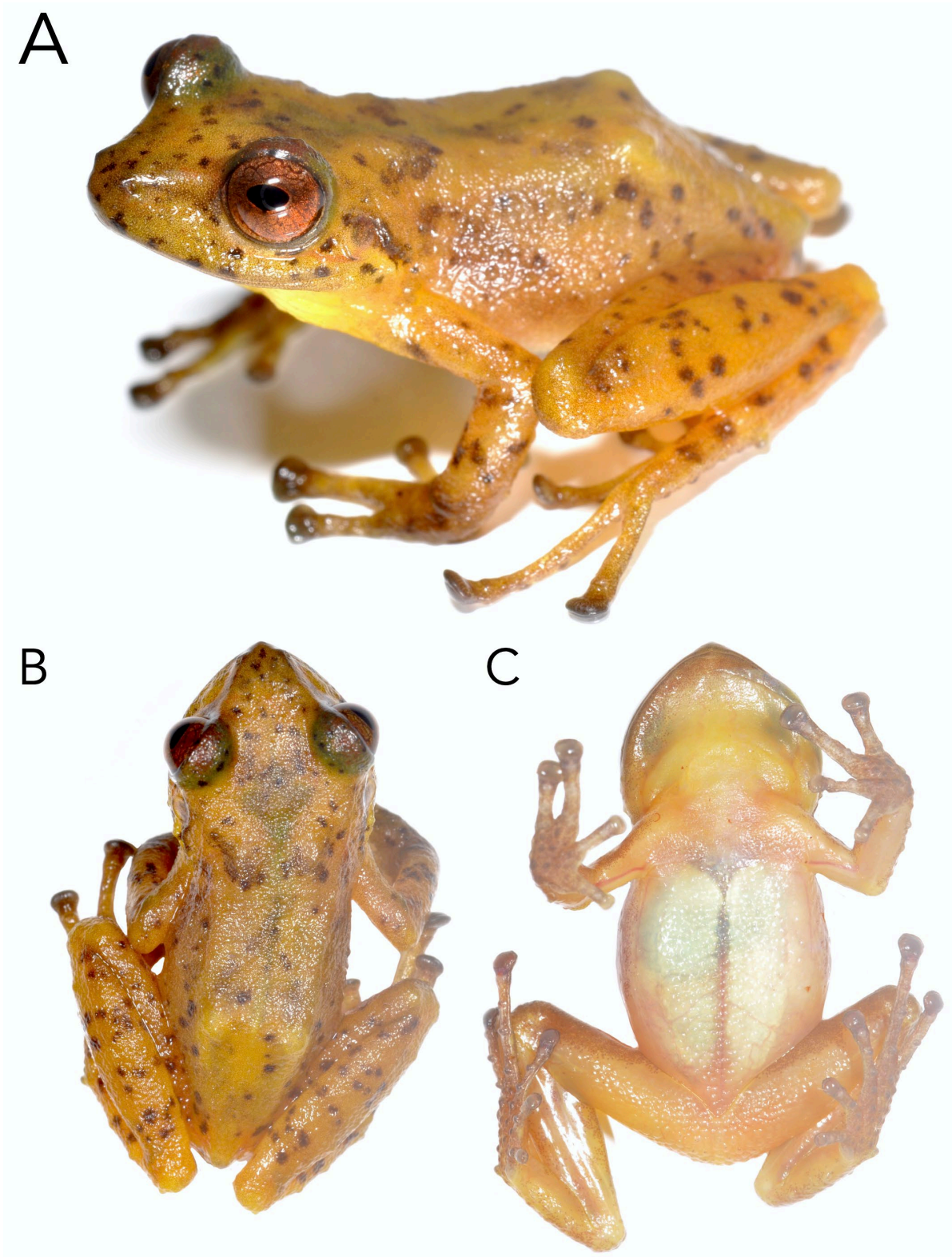


Figure 9. Holotype of *Pristimantis cryptopictus* sp. nov. MHUA-A 12478, SVL 23.5 mm, adult male. Photos: MRC

Figura 9. Holotipo de *Pristimantis cryptopictus* sp. nov. MHUA-A 12478, SVL 23.5 mm, macho adulto. Fotos: MRC.

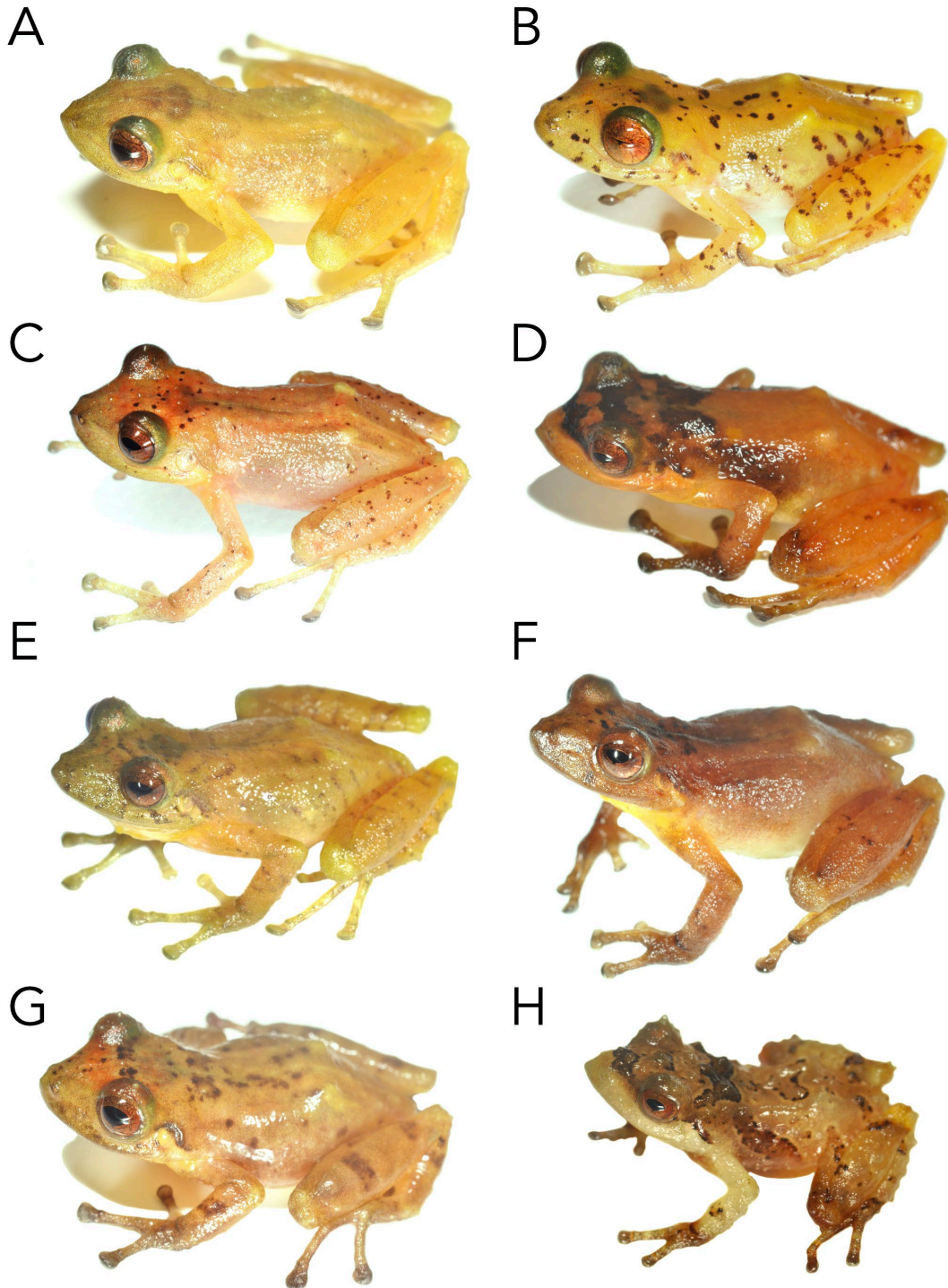


Figure 10. *Pristimantis cryptopictus* sp. nov. in life: (A) MHUA-A 12480, SVL 22.9 mm, adult male; (B) MHUA-A 12618, SVL 23.3 mm, adult male; (C) MHUA-A 12608, SVL 22.3 mm, adult male; (D) MHUA-A 12476, SVL 23.8 mm, adult male; (E) MHUA-A 12474, SVL 23.0 mm, adult male; (F) MHUA-A 12475, SVL 21.7 mm, adult male; (G) MHUA-A 12479, SVL 23.1 mm, adult male; (H) MHUA-A 12481, SVL 9.9 mm, juvenile. Photos: MRC.

Figura 10. *Pristimantis cryptopictus* sp. nov. en vida: (A) MHUA-A 12480, SVL 22.9 mm, macho adulto; (B) MHUA-A 12618, SVL 23.3 mm, macho adulto; (C) MHUA-A 12608, SVL 22.3 mm, macho adulto; (D) MHUA-A 12476, SVL 23.8 mm, macho adulto; (E) MHUA-A 12474, SVL 23.0 mm, macho adulto; (F) MHUA-A 12475, SVL 21.7 mm, macho adulto; (G) MHUA-A 12479, SVL 23.1 mm, macho adulto; (H) MHUA-A 12481, SVL 9.9 mm, juvenil. Fotos: MRC.

0.10 ± 0.02 (0.04–0.14) segundos de duración, y una frecuencia dominante de 3.09 ± 0.12 (2.87–3.27) kHz.

Descripción del holotipo. Macho adulto, cabeza ligeramente más ancha que larga; hocico corto con una papila cónica en la punta, acuminado en vista dorsal, corto y curvado antero-ventralmente en vista lateral; LH = 15 % de LRC); *canthus rostralis* distintivo, recto; región loreal ligeramente cóncava; narinas dirigidas antero lateralmente; área entre las narinas ligeramente cóncava en vista dorsal; área interorbital plana, sin tubérculos, más ancha que el párpado superior, el cual equivale al 69 % la distancia interorbital; crestas craneales ausentes; párpado superior con un tubérculo pequeño, redondeado, bajo, rodeado de tubérculos aún más pequeños; membrana timpánica y anillo timpánico distintos; DT = 44 % del DO; pliegue supratimpánico diferenciado; dos tubérculos postrictales subcónicos.

Coanas pequeñas, elípticas, no cubiertas por el piso palatal del maxilar; procesos odontóforos vomerianos pequeños, oblicuos, posteriores a las coanas y moderadamente separados entre sí, cada uno con 3 dientes; lengua más larga que ancha, de forma acorazonada, la mitad posterior libre. Textura de la piel del dorso lisa; flancos finamente granulares; pliegues dorsolaterales ausentes, pliegue pectoral y discoidal conspicuos, este último se extiende desde la mitad de los flancos; funda cloacal ausente; con un par de tubérculos pequeños y planos ventrales a la cloaca. Antebrazo delgado; LAB = 21% del LRC; tres tubérculos ulnares presentes sin formar un pliegue; longitud de la mano mayor que longitud del radio-ulna (LM = 30 % de la LRC); dedo sin rebordes cutáneos; longitudes relativas de los dedos: I < II < IV < III; tubérculo palmar bífido, tubérculo tenar ovalado, poco definido; tubérculos subarticulares redondos, bajos; tubérculos supernumerarios bajos, bien definidos, localizados en la base de todos los dedos; disco del dedo I débilmente expandido (estado 0), discos de los dedos II–IV moderadamente expandidos (estado 1); todos los discos con almohadillas ventrales elípticas definidas por surcos marginales. Excrecencias nupciales presentes, en la región preaxial, blancas conspicuas y no queratinizadas.

Extremidades posteriores delgadas; LT = 50 % de la LRC; LT = 87% de la LP; LP = 58 % de la LRC; pliegue tarsal presente; tubérculos tarsales bajos, poco conspicuos; talón sin tubérculo calcar evidente, algunos pequeños casi imperceptibles; dedos de los pies sin pliegues laterales; tubérculos subarticulares redondos, bajos; tubérculo metatarsiano interno ovalado, aproximadamente el doble de largo que ancho; tubérculo metatarsiano externo cónico; tubérculos plantares supernumerarios conspicuos; discos de los dedos del pie transversalmente elípticos, I-II débilmente expandidos (estado

0), III-V moderadamente expandidos (estado 1), con almohadillas definidas; longitudes relativas de los dedos de los pies: I < II < III < V < IV; la punta del dedo V alcanza el borde proximal de tubérculo subarticular medio del dedo IV; la punta del dedo III alcanza el borde proximal del tubérculo subarticular medio del dedo IV.

Coloración del holotipo. En vida, dorso naranja pálido, con puntos y manchas de color marrón oscuro; párpados marrón verdoso; pliegue supra-timpánico y región superior de la membrana timpánica marrón naranja; discos de los dedos de color marrón. Superficie ventral: amarillo en la garganta y el saco vocal; región ventral del labio con puntos café; vientre translucido; peritoneo blanco a crema; brazos, región axilar, piernas, región inguinal y parte posterior de los muslos naranja. Parte anterior de los muslos, discos y tubérculos de palmas y plantas con puntos marrón grisáceo. Iris rojo cobrizo con retículos marrón oscuro. En alcohol, el cuerpo se tornó marrón oscuro, excepto en la región del urostilo y extremidades, donde se tornó marrón claro a crema; dedos I y II de la mano y del pie marrón claro; garganta, vientre y región medial ventral de las extremidades crema. Palmas y plantas color crema con pequeños puntos marrón oscuro.

Medidas del holotipo (mm). LRC: 24.2; AC: 8.5; LC: 8.4; DIO: 3.1; DIN: 1.8; DO: 2.9; DT: 1.3; DON: 2.6; LH: 3.7; LP: 14.0; LT: 12.2; LFM: 11.5; LM: 7.1; LAB: 5.3; APS: 2.3; ADIV: 1.2.

Variación. *Pristimantis cryptopictus* sp. nov. es una especie polimórfica en coloración, con variación dorsal desde amarillo claro o naranja, a café rojizo o café oscuro (Fig. 10). Los especímenes pueden presentar puntos y manchas irregulares dorsolaterales, algunos con manchas grandes en la región interocular y cantal (MHUA-A12476); en algunos casos, las manchas pequeñas pueden dar lugar a rayas continuas con secciones intermedias difusas. Una banda supratimpánica de puntos agregados puede estar presente y las terminaciones de los dedos pueden tener apariencia sucia por agregaciones de puntos café (MHUA-A 12475). La papila del rostro varía en tamaño, en algunos individuos es poco conspicua en vida (MHUA-A 12475, 12479, 12481, 12618), pero siempre presente. En algunos especímenes fijados se pierde parcialmente los tubérculos tarsales.

El espécimen MHUA-A 12477 presenta una línea clara dorsolateral que se extiende hacia la región del urostilo que le confiere un aspecto de falso pliegue. Existe variación en el número dientes (de 3 a 5) en los odontóforos vomerianos; en algunos casos la distancia entre odontóforos es menor que el

tamaño del proceso; el tamaño de los procesos odontóforos puede llegar a ser mayor que el diámetro de las coanas. El tamaño corporal de los adultos varía entre localidades, siendo mayores aquellos provenientes de los municipios más al norte de la distribución, es decir, Belmira (MHUA-A 7455, 7638) y San Andrés de Cuerquia (MHUA-A 12484-85). El juvenil (MHUA-A 12503) es muy tuberculado (Fig. 10H). La variación de las mediciones morfométricas se presentan en la Tabla 3.

Diagnos comparativa. *Pristimantis cryptopictus* se diferencia de especies estrechamente relacionadas por la ausencia del pliegue dorsolateral (presente en *P. baiotis* y poco definido en *P. quantus*), piel lisa con tubérculos dispersos (lisa en *P. angustilineatus* y *P. urani*; finamente granular en *P. baiotis* y *P. boulengeri*), hocico acuminado en vista dorsal, con papila en la punta (subacuminado en el resto de las especies, excepto *P. baiotis*), tubérculo redondo en párpado (tubérculos cónicos en *P. baiotis*, *P. dorsopictus* y *P. quantus*; sin tubérculos en *P. angustilineatus*, *P. myops* y *P. urani*; tubérculos bajos en *P. boulengeri* y *P. brevifrons*), procesos dentígeros vomerianos oblicuos (ausente en *P. myops*, *P. quantus* y *P. urani*); discos con surcos marginales presentes (ausentes en *P. brevifrons*, *P. myops* y *P. quantus*), dedos de las manos y pies sin rebordes cutáneos laterales (presentes en *P. baiotis*, *P. brevifrons*, *P. myops*, *P. quantus* y *P. urani*); tubérculo calcar ausente (presente en *P. baiotis*, *P. boulengeri*, *P. dorsopictus*, *P. myops* y *P. quantus*), pliegue tarsal interno presente (ausente en *P. angustilineatus*, *P. baiotis*, *P. dorsopictus* y *P. urani*), superficies ventrales de extremidades posteriores sin patrón de manchas oscuras (manchas negras en *P. baiotis*, puntos oscuros en *P. dorsopictus*), y coloración de garganta amarilla o café (amarillo pálido en *P. boulengeri* y *P. dorsopictus*; crema en *P. baiotis*; gris en *P. myops*). Otros atributos diagnósticos en la Tabla 5.

Historia Natural y distribución geográfica. *Pristimantis cryptopictus* sp. nov. es una especie de hábitos nocturnos que habita bosques de niebla y subpáramos del norte de los Andes, también se encuentra en el borde de bosques con áreas abiertas (al margen de carreteras o pastizales). Ha sido observada perchada en arbustos y árboles entre 3 m y 15 m de altura; en algunas ocasiones vocalizando desde bromelias. Su actividad acústica inicia después de las 18:00 h, se puede extender hasta la madrugada y tiene lugar a lo largo de todo el año, en temporadas secas y de lluvia; las hembras son actualmente desconocidas. *Pristimantis cryptopictus* sp. nov. se distribuye desde los 2100 hasta los 3100 m s.n.m. y es conocida de varias localidades al norte de la Cordillera Central de los Andes en el departamento de Antioquia, incluyendo los municipios de Bello, Belmira, Caldas, El Carmen de Viboral, El Retiro, Envigado, La Ceja, La Unión, Medellín, Rionegro, San Andrés de Cuerquia, Santa Rosa de

Osos y Sonsón (puntos 1 al 8, Fig. 2; Apéndice 1). En esta última localidad cohabita en simpatría con *P. dorsopictus*.

DISCUSIÓN

En este estudio evaluamos la divergencia genética, posición filogenética, variabilidad acústica y morfométrica de algunas poblaciones asignadas tradicionalmente a *Pristimantis dorsopictus*, una especie relativamente abundante en los bosques de alta montaña del norte de los Andes de Colombia. Nuestra inferencia filogenética es congruente con hipótesis previas (González-Durán et al., 2017; Rivera-Correa et al., 2017) en cuanto a la estrecha relación de los grupos *Pristimantis boulengeri* y *P. leptolophus*, ambos grupos endémicos de las cordilleras Central y Occidental de Colombia (Fig. 3). El grupo *P. boulengeri* es relativamente bien conocido desde una perspectiva filogenética, ya que siete de las ocho especies que lo integran, han sido incluidas en análisis previos (Rivera-Correa & Daza, 2016; González-Durán et al., 2017), excepto *P. baiotis*, conocida solo de la serie tipo y sin nuevos registros desde su descripción. A pesar de que la similitud morfológica de *P. baiotis* y *P. angustilineatus* hace suponer una relación filogenética próxima entre ambas (Lynch, 1998), esta hipótesis aún espera ser evaluada cuantitativamente (ver Fig. 7A).

La filogenia inferida por Rivera-Correa y Daza (2016) que hasta ahora fue la que incluyó el mayor conjunto de evidencia molecular y la mayor cantidad de terminales y especies para el grupo, recuperaron a *Pristimantis dorsopictus* estrechamente relacionada con *P. boulengeri* (*P. urani* + *P. brevifrons*). No obstante, los terminales determinados como *P. dorsopictus* en su estudio corresponden a las poblaciones delimitadas aquí como *P. cryptopictus* sp. nov. En términos genéticos, nuestro análisis reveló alta divergencia entre dos subclados de *P. cryptopictus* sp. nov., uno de los cuales agrupa la mayoría de las muestras y el otro constituido por dos especímenes de la población más al norte del departamento de Antioquia (i.e. San Andrés de Cuerquia), alcanzando porcentajes de 6,6 % para COI, y hasta 2,2 % para el 16S (Fig. 7B). Aunque las distancias genéticas fueron proporcionalmente más bajas en el segundo marcador, como es usual, estas divergencias genéticas entre ambos subclados podrían ser consecuencia de la variación acumulada por aislamiento geográfico entre las poblaciones (Wright, 1943). Trabajos recientes sobre taxonomía de *Pristimantis* han propuesto nuevas especies con valores relativamente bajos en distancias genéticas para la región 16S (e.g. Ortega-Andrade et al., 2015; Páez & Ron, 2019; Sánchez-Nivicela et al., 2021); no obstante, se requiere cautela si esta decisión no está apoyada por otras fuentes de evidencia, ya que la alta variación genética intraespecífica e

Table 5. Comparative diagnosis and character states among species of the *Pristimantis boulengeri* group. Morphology of species closely related to *P. cryptopictus* sp. nov. in Lynch (1981, 1998), Rivero and Serna (1988-1987), Rivera-Correa and Daza (2020).

Tabla 5. Diagnósis comparativa y estados de caracteres entre especies del grupo de *Pristimantis boulengeri*. Morfología de especies estrechamente relacionadas con *P. cryptopictus* sp. nov. en Lynch (1981, 1998), Rivero y Serna (1988-1987), Rivera-Correa y Daza (2020).

Especie	LRC	Textura de piel	Hocico en vista Dorsal	Hocico en vista de perfil	Tubérculos ven el párpado	Vomerinos	Hendiduras	Almohadillas nupciales	Coloración de garganta
<i>P. angustilineatus</i>	♂15.8-20.4, n = 61; ♀20.8-24.8, n = 18	Lisa	Subacuminado con papila	Agudamente Redondeado	Sin tubérculos	Medianos. Bajos de 2 a 4	Presente	Presente	Amarillo
<i>P. baiotisi</i>	♂18.1-18.5, n = 3; ♀21.5, n = 1	Finamente granular	Acuminado sin papila	Protuberante	Tubérculos cónicos	Oblicuos. Bajos	Presente	Presente	Crema
<i>P. boulengeri</i>	♂18.6-25.6, n = 87; ♀27.3-33.8, n = 17	Finamente granular	Subacuminado con papila	Agudamente redondeado	Bajos. no cónicos	Oblicuos de 2 a 5	Presente	Presente	Amarillo pálido
<i>P. brevifrons</i>	♂14.1-18.0, n = 63; ♀19.8-22.3, n = 3	Lisa a finamente granular	Subacuminado con papila	Protuberante	Bajos	Ausentes o pequeños	Presente	Ausente	Amarillo
<i>P. cryptopictus</i> sp. nov.	♂20.6-27.2, n = 30	Lisa con tubérculos dispersos	Acuminado con papila	Redondeado. corto	Tubérculos redondeados	Oblicuos de 3 a 5	Presente	Presente	Amarillo o café
<i>P. dorsopictus</i>	♂17.3-22.5, n = 35; ♀32.2-32.4, n = 2	Lisa con tubérculos dispersos	Acuminado con papila	Redondeado. corto	Tubérculo cónico	Pequeños e inconspicuos	Presente	Presente	Amarillo pálido
<i>P. myops</i>	♂10.9-13.6, n = 34; ♀14.6-17.2, n = 38	Tubérculos dispersos	Ovoide	Redondeado. corto	Ausente	Ausentes	Ausente	Ausente	Gris
<i>P. quantus</i>	♂11.6-14.5, n = 4; ♀14.4-16.7, n = 9	Tubérculos dispersos	Subacuminado con papila	Agudamente Redondeado	Tubérculo cónico	Ausentes	Presente	Ausente	Amarillo
<i>P. urani</i>	♂18.7-19.1, n = 2; ♀21.0-23.4, n = 4	Lisa	Redondeado	Truncado	Sin tubérculos	Ausentes	Presente	Presente	Amarillo



Table 5 (Cont.). Comparative diagnosis and character states among species of the *Pristimantis bouleengeri* group. Morphology of species closely related to *P. cryptopictus* sp. nov. in Lynch (1981, 1998), Rivero and Serna (1988 "1987"), Rivera-Correa and Daza (2020).

Tabla 5 (Cont.). Diagnóstico comparativa y estados de caracteres entre especies del grupo de *Pristimantis bouleengeri*. Morfología de especies estrechamente relacionadas con *P. cryptopictus* sp. nov. en Lynch (1981, 1998), Rivero y Serna (1988 "1987"), Rivera-Correa y Daza (2020).

Especie	Reborde cutáneos mano	Tubérculos ulnares	Tubérculos en el talón	Tubérculos en borde externo del tarso	Piñeque tarsal interno	Tubérculos metatarsal interno	Tubérculo metatarsal externo	Tubérculos supernumerarios	Rebordes cutáneos del pie	Coloración de superficie ventral de extremidades posteriores
<i>P. angustilineatus</i>	Ausente	Ausentes	Ausente	Ausente	Ausente	Elíptico 4X	Redondeado	Indistintos	Estrechos	Crema
<i>P. baiotis</i>	Presente	Subcónicos	Subcónicos	Presente	Ausente	Elíptico 3X	Redondeado	Presentes	Presentes	Crema con manchas negras
<i>P. bouleengeri</i>	Ausente	Prominentes	Tubérculos no cónicos	Ausente	Presente	Elíptico 3-4X	Redondeado	Numerosos	Estrechos	Marrón amarillento
<i>P. brevifrons</i>	Presente	Presentes	Ausente	Presente	Presente	Elíptico 3-4X	Subcónico	Presentes	Presentes	Amarillo pálido
<i>P. cryptopictus</i> sp. nov.	Ausente	Presentes	Ausente	Pequeños	Presente	Elíptico 2X	Redondeado	Bajos	Ausente	Amarillo a café crema
<i>P. dorsopictus</i>	Ausente	Presentes	Presente	Presente	Ausente	Más pequeño que el externo	Alargado	Bajos	Ausente	Amarillo con puntos oscuros
<i>P. myaps</i>	Presente	Prominentes, subcónicos	Presentes, pequeño	Presentes, subcónicos	Presente	Elíptico 6X	Redondeado	Presente, indistintos	Presente	Marrón oscuro a negro
<i>P. quantus</i>	Presente	Cónicos	Pequeños subcónicos	Pequeños subcónicos	Presente	Elíptico 4X	Cónico	Bajos	Ausente	Crema a marrón
<i>P. urani</i>	Presente	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausente	Elíptico 2-3X	Redondeado	Bajos	Ausente	Amarillo pálido



interpoblacional, ya ha sido previamente documentada para el género (Batista et al., 2014; Restrepo et al., 2017; Rivera-Correa et al., 2021a). Teniendo en cuenta lo anterior y a pesar de la alta divergencia en el subclado de San Andrés de Cuerquia (Fig. 7) decidimos considerarlo como parte de *P. cryptopictus* hasta que sea posible evaluar apropiadamente su estatus taxonómico con base en una serie mayor de especímenes, que provean futuros datos morfológicos, bioacústicos y moleculares.

Aquí presentamos sólida evidencia filogenética, bioacústica y morfológica para delimitar *P. cryptopictus*, como una especie nueva, históricamente confundida con *P. dorsopictus*. *Pristimantis cryptopictus* sp. nov. fue recuperada, con alto soporte, como clado hermano de todas las especies del grupo *P. boulengeri*, excepto del clado más externo conformado *P. myops* y *P. quantus* (Fig. 7A), mientras que *P. dorsopictus* fue recuperada como estrechamente relacionada a *P. brevifrons*, con distancias genéticas entre 4,0 a 4,9% para 16S y 7,3 y 9,1 % para COI. *Pristimantis dorsopictus* fue descrita por Rivero y Serna (1988) con base en especímenes colectados entre 1982 y 1986 en el municipio de Sonsón (Antioquia) y usando exclusivamente evidencia morfológica. Desde entonces no hubo revisiones de los especímenes de la serie tipo hasta este trabajo, ni registros de visitas a la localidad tipo, excepto por algunos muestreos relativamente recientes (ver Rivera-Correa et al., 2017). Sumado a ello, la inexistencia de una nueva definición morfológica, así como de una caracterización bioacústica y molecular incluyendo individuos de la localidad tipo de *P. dorsopictus*, fueron las razones por las que *P. cryptopictus* permaneció confundida por más de tres décadas.

La mínima distancia genética encontrada en nuestro análisis fue de 3,0 % para el 16S entre *P. boulengeri* y un par de individuos de *P. cryptopictus* sp. nov., y de 7,1 % para COI entre *P. brevifrons* y *P. boulengeri* (Apéndices 3 y 4). Reconociendo el relativo buen muestreo molecular para estos dos marcadores en este grupo, estas divergencias sugieren valores que podrían constituir un punto de partida para elucidar el nivel de variación que eventualmente conducir a decisiones taxonómicas. Dicha divergencia en tales casos es crucial, para reconocer si las entidades evaluadas realmente representan especies candidatas no confirmadas o por el contrario, se trate de linajes conspecíficos profundamente divergentes de acuerdo a lo propuesto por Vieites et al. (2009). En consecuencia, las decisiones taxonómicas son muy sensibles a un relativo buen muestreo molecular a nivel geográfico, que se sumen además, a un representativo conjunto de datos fenotípicos diagnósticos.

Aunque las diferencias morfométricas entre los clados de *P. cryptopictus* sp. nov. y *P. dorsopictus* fueron significativas, las

divergencias bioacústicas fueron más decisivas (Fig. 6). Esto es consistente con estudios en anuros con morfología críptica (Padial et al., 2008; Angulo et al., 2010; Funk et al., 2012), ya que se sugiere que los caracteres acústicos evolucionan más rápido que la morfología, probablemente, debido a que los rasgos seleccionados sexualmente exhiben tasas evolutivas más rápidas (Funk et al., 2012; Gonzalez-Voyer & Kolm, 2011). El canto de anuncio en anuros tiene un rol importante en procesos de reconocimiento de especies, selección de pareja y otras interacciones sociales (Wells, 2007; Bee, 2014; Pough et al., 2016), y ha sido una poderosa herramienta para contribuir en el establecimiento de los límites de especie (Schneider & Sinsch, 2007; Padial & De la Riva, 2009; Köhler et al., 2017; Hepp & Pombal, 2019) al considerarse como una fuerte barrera de aislamiento pre-cigótico. Aquí revelamos diferencias consistentes tanto en atributos espectrales y temporales entre *P. cryptopictus* y *P. dorsopictus* en particular, en la frecuencia dominante y en la duración del canto (Figs. 4 y 5; Tabla 1), atributos ampliamente empleados para diferenciar y diagnosticar especies (Padial & De la Riva, 2009; Kohler et al., 2017; Rodríguez et al., 2017; Fig. 6C).

Finalmente, las vocalizaciones de las especies que conforman el grupo *Pristimantis boulengeri* han sido relativamente poco documentadas. Solo se ha descrito el canto de anuncio para *P. boulengeri* (Ríos-Soto & Ospila-L, 2018) de una localidad diferente a la localidad tipo (i.e. municipio de Cajamarca, departamento del Tolima), para *P. brevifrons* (Arriaga-Jaramillo et al., 2021) y para *P. dorsopictus* y *P. cryptopictus* (en este trabajo). Por lo tanto, conocer los atributos acústicos no solo contribuye a comprender aspectos de la comunicación de las especies, sino que puede ayudar a elucidar los patrones evolutivos fenotípicos en este clado. Además, reconociendo la amplia distribución de algunas especies del grupo, por ejemplo, *P. boulengeri* y *P. brevifrons* (Ríos-Soto & Ospila-L, 2018; Acosta-Galvis, 2021), la evaluación de los cantos de anuncio a través de su distribución, podría contribuir a entender mejor el límite taxonómico de estas entidades, como ha sido el caso del presente estudio. En términos generales, los cantos de anuncio son atributos del género *Pristimantis* escasamente estudiados en Colombia (Rivera-Correa et al., 2021b); por lo tanto, futuros esfuerzos serán necesarios para documentar su diversidad, estructura y composición.

Agradecimientos.— Gracias a Khristian Venegas, Diego Botero, Hader Correa, Andrés Castaño, Juan P. Zuluaga, Juan P. Giraldo, Diego Rivera, Daniela Murillo, Andrés Toro y Cristian González por su asistencia en campo. Por el acceso a los especímenes, agradecemos al MHUA, CSJ (ITM), ICN y ARUQ. El Centro de Conservación Bioacústica del Laboratorio de Ornitología de Cornell otorgó la licencia para el uso de Raven

Pro. Al Grupo Herpetológico de Antioquia y Juan M. Daza por facilitar la infraestructura del laboratorio molecular a su cargo y por suministrar datos para este estudio. Este estudio contó con el apoyo financiero parcial del Comité de Desarrollo de la Investigación (CODI) de la Universidad de Antioquia en el marco del proyecto “Código de barras de ADN: Aproximación a la diversidad molecular de anfibios del norte, este y suroeste del departamento de Antioquia” (2017-17209) y fue producto parcial del trabajo de grado de la primera autora. El Comité de Ética para la Experimentación con Animales —CEEA, otorgó aval de investigación mediante el Acta 118 del 5 de junio de 2018. El permiso de recolección fue otorgado mediante resolución 0524 de 27 de mayo de 2014, a la Universidad de Antioquia, por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales —ANLA. SDM agradece a Parques Nacionales Naturales de Colombia y a Wildlife Conservation Society —WCS, al Zoológico del Zúrich y Fundación Santo Domingo por el apoyo financiero y logístico bajo el Fondo de Investigación Mono Hernández. Finalmente, gracias a Fernando Rojas-Runjaic, Orlando Armesto y Juan Manuel Guayasamin por sus comentarios al manuscrito y a Katyuscia Araujo-Vieira por su acompañamiento editorial

INFORMACIÓN SUPLEMENTARIA

Appendix I. List of the specimens of *Pristimantis dorsopictus sensu lato* reviewed in this study and their localities of origin. MHUA: Museo de Herpetología Universidad de Antioquia; ARUQ: Colección de Anfibios y Reptiles de la Universidad del Quindío.

Apéndice I. Listado de los especímenes de *Pristimantis dorsopictus sensu lato* revisados en este estudio y sus localidades de origen. MHUA: Museo de Herpetología Universidad de Antioquia; ARUQ: Colección de Anfibios y Reptiles de la Universidad del Quindío.

Appendix II. Genbank (NCBI) accession numbers of 16S and COI mitochondrial DNA fragments used for phylogenetic analysis. Codes in bold correspond to new sequences generated in this study.

Apéndice II. Números de acceso a Genbank (NCBI) de los fragmentos de ADN mitocondrial 16S y COI usados para el análisis filogenético. Los códigos en negrita corresponden a secuencias nuevas generadas en este estudio.

Appendix III. Material evaluated from scientific collections.

Apéndice III. Material evaluado de colecciones científicas.

Appendix IV. Genetic distances in percentage for species of the *Pristimantis boulengeri* group from 630 bases of the COI region. Italicized numbers on the diagonal indicate intraspecific genetic diversity. *Clade 1 = *P. cryptopictus* sp. nov.; *Clade 2 = *P. dorsopictus* (see text).

Apéndice IV. Distancias genéticas en porcentaje para las especies del grupo *Pristimantis boulengeri* a partir de 630 bases de la región COI. Los números en cursiva en la diagonal indican la diversidad genética intraespecífica. *Clado 1 = *P. cryptopictus* sp. nov.; *Clado 2 = *P. dorsopictus* (ver texto).

Appendix V. Genetic distances in percentage for species of the *Pristimantis boulengeri* group from 565 bases of the 16S region. Numbers in italics on the diagonal indicate intraspecific genetic diversity. *Clade 1 = *P. cryptopictus* sp. nov.; *Clade 2 = *P. dorsopictus* (see text).

Apéndice V. Distancias genéticas en porcentaje para las especies del grupo *Pristimantis boulengeri* a partir de 565 bases de la región 16S. Los números en cursiva en la diagonal indican la diversidad genética intraespecífica. *Clado 1 = *P. cryptopictus* sp. nov.; *Clado 2 = *P. dorsopictus* (see text).

LITERATURA CITADA

Acosta Galvis, A.R. 2021. Lista de los Anfibios de Colombia. Versión 11.2021. www.batrachia.com. Villa de Leyva, Boyacá, Colombia. [Consultado en junio 2021].

AmphibiaWeb. 2021. www.amphibiaweb.org. University of California, Berkeley, CA, USA. [Consultado en junio 2021].

Angulo, A. & J. Icochea. 2010. Cryptic species complexes, widespread species and conservation: lessons from Amazonian frogs of the *Leptodactylus marmoratus* group (Anura: Leptodactylidae). *Systematics and Biodiversity* 8:357-370.

Arriaga-Jaramillo, F.G., O.M. Cuellar-Valencia, I. García-Gómez, I. Ceballos-Castro, W. Bolívar-García, D.A. Velásquez-Trujillo, A.S. Ortiz-Baez & J.J. Ospina-Sarria. 2021. Acoustic segregation of five sympatric and syntopic species of genus *Pristimantis* (Anura: Strabomantidae) from Western Colombia. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 1-8.

Bandelt, H., P. Forster & A. Röhl. 1999. Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies. *Molecular Biology and Evolution* 16:37-48.

- Batista A., A. Hertz, G. Köhler, K. Mebert & M. Vesely. 2014. Morphological variation and phylogeography of frogs related to *Pristimantis caryophyllaceus* (Anura: Terrarana: Craugastoridae) in Panama. *Salamandra* 50:155-171.
- Bee, M.A. 2014. Social recognition in anurans. Pp. 169-221. En M.A. Bee & C. T. Miller (Eds.), *Psychological mechanisms in animal communication*. Springer, Switzerland.
- Bickford D., D.J. Lohman, N.S. Sodhi, et al. 2007. Cryptic species as a window on diversity and conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 22:148-155.
- Duarte-Marín, S., C. González-Acosta & F. Vargas-Salinas. 2018. Estructura y composición de ensamblajes de anfibios en tres tipos de hábitat en el Parque Nacional Natural Selva de Florencia, Cordillera Central de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 42:227-236.
- Duellman W.E. & L. Trueb. 1994. *Biology of amphibians*. Johns Hopkins University Press, London.
- Duellman, W.E. & E. Lehr. 2009. Terrestrial breeding frogs (Strabomantidae) in Peru. NTV Science, Münster.
- Folmer, O., M. Black, W. Hoeh, R. Lutz & R. Vrijenhoek. 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology* 3:294-299.
- Fouquet, A., A. Gilles, M. Vences, C. Marty, M. Blanc & N.J. Gemmill. 2007. Underestimation of species richness in neotropical frogs revealed by mtDNA analyses. *PLoS ONE* 2:e1109.
- Frost, D.R. 2021. *Amphibian Species of the World: An Online Reference*. Version 6.0. <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA. [Consultado en junio 2021].
- Funk, W.C., M. Caminer & S.R. Ron. 2012. High levels of cryptic species diversity uncovered in Amazonian frogs. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 279:1806-1814.
- Gambale, P.G., L. Signorelli & R.P. Bastos. 2014. Individual variation in the advertisement calls of a Neotropical treefrog (*Scinax constrictus*). *Amphibia-Reptilia* 35:271-281.
- Gerhardt, H.C. 1994a. The evolution of vocalization in frogs and toads. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 25:293-324.
- Gerhardt, H.C. 1994b. Reproductive character displacement of female mate choice in the grey treefrog, *Hyla chrysoscelis*. *Animal Behaviour* 47:959-969.
- Gerhardt, H.C. & F. Huber. 2002. *Acoustic Communication in Insects and Frogs: Common Problems and Diverse Solutions*. University of Chicago Press, Chicago.
- Glaw, F., J. Köhler, I. De la Riva, D.R. Vieites & M. Vences. 2010. Integrative taxonomy of Malagasy treefrogs: combination of molecular genetics, bioacoustics and comparative morphology reveals twelve additional species of *Boophis*. *Zootaxa* 2383:1-82.
- González-Durán, G., M. Targino, M. Rada & T. Grant. 2017. Phylogenetic relationships and morphology of the *Pristimantis leptolophus* species group (Amphibia: Anura: Brachycephaloidea), with the recognition of a new species group in *Pristimantis* Jiménez de la Espada, 1870. *Zootaxa* 4243:042-074.
- Gonzalez-Voyer, A. & N. Kolm. 2011. Rates of phenotypic evolution of ecological characters and sexual traits during the Tanganyikan cichlid adaptive radiation. *Journal of Evolutionary Biology* 24:2378-2388.
- Grant T., D.R. Frost, J.P. Caldwell, R. Gagliardo, C.F.B. Haddad, P.J.R. Kok, D.B. Means, B.P. Noonan, W.E. Schargel & W.C. Wheeler. 2006. Phylogenetic systematics of dart-poison frogs and their relatives (Anura: Athesphatanura: Dendrobatidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 299:1-262.
- Günther, A.C.L.G. 1858. Neue Batrachier in der Sammlung des britischen Museums. *Archiv für Naturgeschichte*. Berlin 24: 319-328.
- Hedges S.B., W.E. Duellman & P. Heinicke. 2008. New world direct-developing frogs (Anura: Terrarana): molecular phylogeny, classification, biogeography, and conservation. *Zootaxa* 1737:1-182.
- Hepp, F. & J. P. Jr. Pombal. 2019. Review of bioacoustical traits in the genus *Physalaemus* Fitzinger, 1826 (Anura: Leptodactylidae: Leiuperinae). *Zootaxa* 4766:599-600.



- Hoang D.T., O. Chernomor, A. von Haeseler, B.Q. Minh & L.S. Vinh. 2018. UFBoot2: improving the ultrafast bootstrap approximation. *Molecular Biology and Evolution* 35:518-22.
- Hutter, C.R. & J.M. Guayasamin. 2015. Cryptic diversity concealed in the Andean cloud forests: two new species of rainfrogs (*Pristimantis*) uncovered by molecular and bioacoustic data. *Neotropical Biodiversity* 1:35-59.
- Kalyaanamoorthy, S., B.Q. Minh, T.K.F. Wong, A. von Haeseler & L.S. Jermiin. 2017. ModelFinder: fast model selection for accurate phylogenetic estimates. *Nature Methods* 14:587-589.
- Katoh, S. & D.M. Standley. 2013. MAFFT multiple sequence alignment software version 7: improvements in performance and usability. *Molecular Biology and Evolution* 30:772-780.
- Köhler, J., M. Jansen, A. Rodríguez, P.J.R. Kok, L.F. Toledo, M. Emmrich, F. Glaw, C.F.B. Haddad, M.O. Rödel & M. Vences. 2017. The use of bioacoustics in anuran taxonomy: theory, terminology, methods, and recommendations for best practice. *Zootaxa* 4251:1-124.
- Leigh, J. 2016. PopArt Version 1.7. <http://popart.otago.ac.nz>
- Lynch, J.D. 1981. Two new species of *Eleutherodactylus* from western Colombia (Amphibia: Anura: Leptodactylidae). *Occasional Papers of the Museum of Zoology, University of Michigan* 697:1-12.
- Lynch, J.D. 1998. New species of *Eleutherodactylus* from the Cordillera Occidental of western Colombia with a synopsis of the distributions of species in western Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 22:117-148.
- Lynch, J.D. & W.E. Duellman, 1997. Frogs of the genus *Eleutherodactylus* (Leptodactylidae) in western Ecuador: Systematics, Ecology, and Biogeography. *Natural History Museum University Kansas, Lawrence, Kansas*.
- Lyra, M.L., C.F.B. Haddad & A.M.L. Azeredo-Espin. 2017. Meeting the challenge of DNA barcoding amphibians from Neotropics: Polymerase chain reaction optimization and new COI primers. *Molecular Ecology Resources* 17:966-980.
- Marín, C., E. Cano, F. Castro, J. Lynch, M. Herrera & S.P. Galeano. 2017. *Pristimantis dorsopictus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017. [Consultado en agosto 10, 2021]
- NCBI. 1988. National Center for Biotechnology Information, [consultado en abril 15, 2021]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
- Nguyen, L.T., H.A. Schmidt, A. von Haeseler & B.Q. Minh. 2015. IQ-TREE: A fast and effective stochastic algorithm for estimating maximum likelihood phylogenies. *Molecular Biology and Evolution* 32:268-274.
- Ortega-Andrade, H.M., O.R. Rojas-Soto, J.H. Valencia, A. Espinosa de los Monteros, J.J. Morrone, S.R. Ron & D.C. Cannatella. 2015. Insights from integrative systematics reveal cryptic diversity in *Pristimantis* frogs (Anura: Craugastoridae) from the Upper Amazon Basin. *PLoS One* 10:1-43.
- Padial, J.M. & I. De la Riva. 2009. Integrative taxonomy reveals cryptic Amazonian species of *Pristimantis* (Anura: Strabomantidae). *Zoological Journal of Linnean Society* 155:97-122.
- Padial, J.M., J. Köhler, A. Muñoz & I. de la Riva. 2008. Assessing the taxonomic status of tropical frogs through bioacoustics: geographical variation in the advertisement calls in the *Eleutherodactylus discoidalis* species group (Anura). *Zoological Journal of the Linnean Society* 152:353-365.
- Padial, J.M., A. Miralles, I. De la Riva & M. Vences. 2010. The integrative future of taxonomy. *Frontiers in Zoology* 7:1-14.
- 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.
- Páez, N.B. & S.R. Ron. 2019. Systematics of *Huicundomantis*, a new subgenus of *Pristimantis* (Anura, Strabomantidae) with extraordinary cryptic diversity and eleven new species. *ZooKeys* 868:1-112.
- Patino-Ocampo, E., C. López-Murillo & M. Rivera-Correa. 2021. *Pristimantis dorsopictus* (Rivero y Serna, 1987). *Catálogo de Anfibios y Reptiles de Colombia* 7 (1):51-56
- Pough, F.H., R.M. Andrews, M.L. Crump, A.L. Savitzky, K.D. Wells & M.C. Brandley. 2016. *Herpetology*. Fourth edition. Sinauer Associates. New Jersey, USA.
- R Core Team. 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. www.R-project.org. Vienna, Austria. [Consultado en junio 2021].



- Restrepo, A., J. Velasco & J.M. Daza. 2017. Extinction risk or lack of sampling in a threatened species: Genetic structure and environmental suitability of the Neotropical frog *Pristimantis penelopus* (Anura: Craugastoridae). *Papeis Avulsos de Zoologia* 57 (1):1-15.
- Ríos-Soto, J.A. & A.M. Ospina-L. 2018. The advertisement call of *Pristimantis boulengeri* (Lynch, 1981) from a population in the Central Andes of Colombia (Anura: Craugastoridae) Craugastoridae). *Herpetology Notes* 11:719-723.
- Rivera-Correa, M. & J.M. Daza. 2016. Molecular phylogenetics of the *Pristimantis lacrimosus* species group (Anura: Craugastoridae) with the description of a new species from Colombia. *Acta Herpetologica* 11:31-45.
- Rivera-Correa, M., F. LaMadrid & A. Crawford. 2016. A new small golden frog of the genus *Pristimantis* (Anura: Craugastoridae) from Andean cloud forest of Colombia. *Amphibia-Reptilia* 37:153-166.
- Rivera-Correa, M., C. Jiménez & J.M. Daza. 2017. Phylogenetic analysis of the Neotropical *Pristimantis leptolophus* species group (Anura: Craugastoridae): molecular approach and description of a new polymorphic species. *Zootaxa* 4242:313-343.
- Rivera-Correa, M. & J.M. Daza. 2020. Out of the blue: A new rain frog species of the genus *Pristimantis* (Anura: Craugastoridae) from the northern Cordillera Central in Colombia. *Zootaxa* 4838:83-101
- Rivera-Correa, M., G. González-Durán, A.M. Saldarriaga-Gómez & S. Duarte-Marín. 2021a. Biodiversity in the Andean Mountains: Two new rain frogs of genus *Pristimantis* (Anura: Craugastoridae) from northern Cordillera Central in Colombia. *Zootaxa* 5040:334-364
- Rivera-Correa M., A. Ospina-L., M. Rojas-Montoya, K. Venegas-Valencia, L.A. Rueda-Solano, P.D.A. Gutiérrez-Cárdenas & F. Vargas-Salinas. 2021b. Cantos de las ranas y los sapos de Colombia: estado del conocimiento y perspectivas de investigación en ecoacústica. *Neotropical Biodiversity* 7:352-365
- Rivero, J.A. & M.A. Serna. 1988 "1987". Tres nuevas especies de *Eleutherodactylus* (Amphibia, Leptodactylidae) de Antioquia, Colombia. *Caribbean Journal of Science* 23:386-399.
- Rodríguez, A., Á. Dugo-Cota, S. Montero-Mendieta, A. Gonzalez-Voyer, R.A. Bosch, M. Vences & C. Vilà. 2017. Cryptic within cryptic: genetics, morphometrics, and bioacoustics delimitate a new species of *Eleutherodactylus* (Anura: Eleutherodactylidae) from Eastern Cuba. *Zootaxa* 4221:501-552.
- Ron, S.R., A. Merino-Viteri & D.A. Ortiz. 2021. Anfibios del Ecuador. Versión 2021.0. www.bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. [Consultado en junio 2021]
- Sánchez-Nivicela, J.C., V.L. Urgiles, J. Cedeño-Palacios, H. Abad-Peñaflor & J.M. Guayasamin. 2021. Una fantástica nueva especie del grupo *Pristimantis orcesi* de los Andes sur de Ecuador. *Neotropical Biodiversity* 6:224-237.
- Santos, J.C., L.A. Coloma & D.C. Cannatella. 2003. Multiple, recurring origins of aposematism and diet specialization in poison frogs. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100:12792-12797.
- Schneider, H. & U. Sinsch. 2007. Contributions of bioacoustics to the taxonomy of the Anura. Pp: 2893-2933. En H. Heatwole & M. Tyler (Eds.). *Amphibian biology*. Surrey Beatty & Sons, Australia.
- Simões, P.I., Lima, A.P., W.E. Magnusson, W. Hödl, & A. Amézquita. 2008. Acoustic and morphological differentiation in the frog *Allobates femoralis*: relationships with the upper Madeira river and other potential geological barriers. *Biotropica* 40: 607-614
- Sueur, J., T. Aubin, C. Simonis, L. Lellouch, E.C. Brown, M. Depraetere, C. Desjonqueres, F. Fabianek, A. Gasc, E. Kasten, S. LaZerte, J. Lees, J. Marchal, A. Mikulec, S. Pavoine, D. Pinaud & A. Stotz. 2019. Package 'seewave' Version 2.1.4. www.cran.r-project.org/web/packages/seewave/seewave.pdf. [Consultado en junio 2021].
- Tabachnick, B.G. & L.S. Fidell, 1996. *Using Multivariate Statistics*. Harper Collins College, New York.
- Tamura, K., G. Stecher, D. Peterson, A. Filipski & S. Kumar. 2013. MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0. *Molecular Biology and Evolution* 30:2725-2729.
- Vieites D.R., K.C. Wollenberg, F. Andreone, J. Köhler, F. Glaw & M. Vences. 2009. Vast underestimation of Madagascar's biodiversity evidenced by an integrative amphibian inventory. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106:8267-8272.



Wägele, H., A. Klussmann-Kolb, M. Kuhlmann, G. Haszprunar, G. Lindberg, A. Koch & J.W. Wägele. 2011. The taxonomist - an endangered race. A practical proposal for its survival. *Frontiers in Zoology* 8:1-7.

Watters, J.L., Cummings, S.T., Flanagan, R.L. & C.D. Siler. 2016. Review of morphometric measurements used in anuran species descriptions and recommendations for a standardized approach. *Zootaxa* 4072: 477-495.

Wells, K.D. 2007. *The ecology and behavior of Amphibians*. University of Chicago press, Chicago.

Wright, S. 1943. Isolation by distance. *Genetics* 28:114-138.



APÉNDICES

Appendix I. List of the specimens of *Pristimantis dorsopictus sensu lato* reviewed in this study and their localities of origin. MHUA: Museo de Herpetología Universidad de Antioquia; ARUQ: Colección de Anfibios y Reptiles de la Universidad del Quindío.

Apéndice I. Listado de los especímenes de *Pristimantis dorsopictus sensu lato* revisados en este estudio y sus localidades de origen. MHUA: Museo de Herpetología Universidad de Antioquia; ARUQ: Colección de Anfibios y Reptiles de la Universidad del Quindío.

Voucher	Municipio	Departamento	Longitud (N)	Latitud (W)	Elevación
MHUA-A 1217, 1225, 1228-29, 1283, 7454-55, 7569-71, 7638	Belmira	Antioquia	6.785	75.671	2800-3100
MHUA-A 12484-85	San Andrés de Cuerquia	Antioquia	6.92818	75.61732	2448
MHUA-A 9266	Santa Rosa de Osos	Antioquia	6.785	75.573	2680
MHUA-A 5855, 8960	Bello	Antioquia	6.354	75.641	2660
MHUA-A 6251, 7855-56	Medellín	Antioquia	6.211	75.489	2560-2610
MHUA-A 4139	El Retiro	Antioquia	6.137	75.552	2700
MHUA-A 6304-05, 9985, 10207, MHUA-A 12480, 12482-83 CSJ 4875-82, 4886-89, 4892-99	Sonsón	Antioquia	5.701	75.25	2700-3093
MHUA-A 12608-09, MHUA-A 12474-79	El Carmen de Viboral	Antioquia	5.964	75.285	2566-2650
ARUQ 760-61	Pensilvania	Caldas	5.478	75.11236	2067

Appendix II. Genbank (NCBI) accession numbers of 16S and COI mitochondrial DNA fragments used for phylogenetic analysis. Codes in bold correspond to new sequences generated in this study.

Apéndice II. Números de acceso a Genbank (NCBI) de los fragmentos de ADN mitocondrial 16S y COI usados para el análisis filogenético. Los códigos en negrita corresponden a secuencias nuevas generadas en este estudio.

ESPECIE	VOUCHER	16S	COI	ESPECIE	VOUCHER	16S	COI
<i>C. metriosistus</i>	AJC3873	KP149480	KP149268	<i>P. chocolatebari</i>	MHUA-L300-1	—	MZ928304
<i>P. acatallelus</i>	UVC15914	JN104675	JN371120	<i>P. chocolatebari</i>	MHUA-L300-2	—	MZ928303
<i>P. angustilineatus</i>	UVC15828	JN371034	JN371123	<i>P. cryptopictus</i>	MHUA7455	KU724437	KU724446
<i>P. angustilineatus</i>	UVC15888	JN104677	JN371124	<i>P. cryptopictus</i>	MHUA7638	KP082874	—
<i>P. angustilineatus</i>	UVC15941	JN371035	JN371125	<i>P. cryptopictus</i>	MHUA7855	KU724438	KU724447
<i>P. boulengeri</i>	MHUA8951	KU724435	KU724444	<i>P. cryptopictus</i>	MHUA7856	KU724439	KU724448
<i>P. boulengeri</i>	MHUA8952	KU724436	KU724445	<i>P. cryptopictus</i>	MHUA8960	KU724440	—
<i>P. boulengeri</i>	ICN55788	KY494232	—	<i>P. cryptopictus</i>	MHUA12476	OL764392	OL809991
<i>P. brevifrons</i>	nrps0059	JN991433	—	<i>P. cryptopictus</i>	MHUA12478	OL764393	OL809993
<i>P. brevifrons</i>	UVC15825	JN104678	JN371051	<i>P. cryptopictus</i>	MHUA12479	—	OL809990
<i>P. brevifrons</i>	UVC15826	JN370960	JN371043	<i>P. cryptopictus</i>	MHUA12480	OL764394	OL809992
<i>P. brevifrons</i>	UVC15833	JN370967	JN371050	<i>P. cryptopictus</i>	MHUA12484	OL764396	OL809994
<i>P. brevifrons</i>	UVC15834	JN370962	JN371045	<i>P. cryptopictus</i>	MHUA12485	OL764397	OL809995
<i>P. brevifrons</i>	UVC15841	JN370969	JN371053	<i>P. cryptopictus</i>	MHUA12505	OL764395	—
<i>P. brevifrons</i>	UVC15852	JN370961	JN371044	<i>P. cryptopictus</i>	MHUA12608	—	OL809988
<i>P. brevifrons</i>	UVC15856	JN370957	JN371041	<i>P. cryptopictus</i>	MHUA12609	—	OL809989
<i>P. brevifrons</i>	UVC15858	JN370956	JN371040	<i>P. curtipes</i>	KU217871	EF493513	—
<i>P. brevifrons</i>	UVC15898	JN370959	JN371042	<i>P. devillei</i>	KU217991	EF493688	—
<i>P. brevifrons</i>	UVC15904	JN370973	JN371055	<i>P. dorsopictus</i>	ARU0759	—	OL810007
<i>P. brevifrons</i>	UVC15908	JN370968	JN371052	<i>P. dorsopictus</i>	ARU0760	—	OL810008
<i>P. brevifrons</i>	UVC15909	JN370963	JN371046	<i>P. dorsopictus</i>	MHUA10208	OL764389	OL809987
<i>P. brevifrons</i>	UVC15912	JN370970	JN371054	<i>P. dorsopictus</i>	MHUA12482	OL764390	OL809996
<i>P. buckleyi</i>	KU217836	EF493350	—	<i>P. dorsopictus</i>	MHUA12483	OL764391	OL809997
<i>P. celator</i>	KU177684	EF493685	—	<i>P. duellmani</i>	WED53050	AY326003	—
<i>P. chloronotus</i>	WED52959	AY326007	—	<i>P. eriphus</i>	QCAZ32705	EU186671	—
<i>P. chocolatebari</i>	MHUA12211	MZ905379	MZ928302	<i>P. festae</i>	QCAZ67550	MK829670	—
<i>P. chocolatebari</i>	MHUA12212	MZ905380	MZ928301	<i>P. gentryi</i>	KU218109	EF493511	—
<i>P. jubatus</i>	UVC15812	JN370993	—	<i>P. parectatus</i>	MRC1176	—	OL810000
<i>P. lasalleorum</i>	MHUA8710	KY627782	KY627811	<i>P. peraticus</i>	ICN55765	KY494228	—
<i>P. lasalleorum</i>	MHUA8711	KY627783	KY627812	<i>P. parectatus</i>	MHUA9977	KY627810	KY627828
<i>P. lasalleorum</i>	MHUA8735	—	KY627813	<i>P. parectatus</i>	ICN55762	KY494233	—
<i>P. lasalleorum</i>	MHUA8740	KY627786	KY627814	<i>P. peraticus</i>	WB1301	KY494224	—
<i>P. lasalleorum</i>	MHUA8758	KY627784	KY627815	<i>P. permixtus</i>	MHUA12258	—	MZ928297



Appendix II (Cont.). Genbank (NCBI) accession numbers of 16S and COI mitochondrial DNA fragments used for phylogenetic analysis. Codes in bold correspond to new sequences generated in this study.

Apéndice II (Cont.). Números de acceso a Genbank (NCBI) de los fragmentos de ADN mitocondrial 16S y COI usados para el análisis filogenético. Los códigos en negrita corresponden a secuencias nuevas generadas en este estudio.

ESPECIE	VOUCHER	16S	COI	ESPECIE	VOUCHER	16S	COI
<i>P. lasalleorum</i>	MHUA08768	KY627785	KY627816	<i>P. permixtus</i>	MHUA012259	—	MZ928298
<i>P. lasalleorum</i>	ICN55758	KY494221	—	<i>P. pyrromeris</i>	KU218030	EF49683	—
<i>P. leoni</i>	KU218227	EF493684	—	<i>P. scoloblepharus</i>	MHUA07222	KY627799	KY627829
<i>P. leopardus</i>	MHUA07585	KY627787	KY627817	<i>P. scoloblepharus</i>	MHUA07560	KY627800	KY627830
<i>P. leopardus</i>	MHUA07614	KY627790	KY627818	<i>P. scoloblepharus</i>	MHUA09873	KY627801	KY627831
<i>P. leopardus</i>	MHUA07616	KY627788	KY627819	<i>P. scoloblepharus</i>	MHUA09874	KY627802	KY627832
<i>P. leopardus</i>	MHUA07630	KY627789	KY627820	<i>P. scoloblepharus</i>	MHUA09875	KY627804	KY627833
<i>P. leopardus</i>	MHUA08858	KY627792	KY627820	<i>P. scoloblepharus</i>	MHUA09876	KY627803	KY627834
<i>P. leopardus</i>	MHUA09126	KY627791	KY627822	<i>P. scoloblepharus</i>	MHUA012343	—	OL810001
<i>P. leopardus</i>	ICN55756	KY494230	—	<i>P. scoloblepharus</i>	ICN55744	KY494229	—
<i>P. maculosus</i>	ICN55760	KY494240	—	<i>P. scoloblepharus</i>	ICN55768	KY494236	—
<i>P. myops</i>	UVC15824	JN104682	—	<i>P. sobetes</i>	MZUTI 558	KM675449	—
<i>P. myops</i>	UVC15934	JN371039	—	<i>P. supernatis</i>	WED52961	AY326005	—
<i>P. ocreatus</i>	KU208508	EF493682	—	<i>P. surdus</i>	KU177847	EF493687	—
<i>P. parectatus</i>	MHUA07564	KY627805	KY627823	<i>P. thymalopsoides</i>	KU177861	EF493514	—
<i>P. parectatus</i>	MHUA07594	KY627809	KY627824	<i>P. thymelensis</i>	WED53004	AY326009	—
<i>P. parectatus</i>	MHUA07627	KY627808	KY627825	<i>P. truebae</i>	KU218013	EF493512	—
<i>P. parectatus</i>	MHUA07633	KY627806	KY627826	<i>P. urani</i>	MHUA07467	KU724441	KU724449
<i>P. parectatus</i>	ICN55763	KY494222	—	<i>P. urani</i>	MHUA07471	KU724442	—
<i>P. parectatus</i>	MHUA09946	KY627807	KY627827	<i>P. urani</i>	MHUA07472	KU724443	KU724450
<i>P. parectatus</i>	MHUA012406	—	OL810002	<i>P. uranobates</i>	MHUA09866	KY627793	KY627835
<i>P. parectatus</i>	MRC1174	—	OL809999	<i>P. uranobates</i>	MHUA09867	KY627796	KY627836
<i>P. uranobates</i>	MHUA09868	KY627798	KY627837	<i>P. vertebralis</i>	KU177972	EF493689	—
<i>P. uranobates</i>	MHUA09869	—	KY627838	<i>P. aff. acatallelus</i>	MHUA012391	—	OL810003
<i>P. uranobates</i>	MHUA09870	KY627794	KY627839	<i>P. aff. acatallelus</i>	MHUA012392	—	OL810004
<i>P. uranobates</i>	MHUA09871	KY627797	KY627840	<i>P. aff. acatallelus</i>	MHUA012393	—	OL810006
<i>P. uranobates</i>	MHUA09872	KY627795	KY627841	<i>P. aff. acatallelus</i>	MHUA012394	—	OL810005
<i>P. uranobates</i>	ICN55771	KY494227	—	<i>P. aff. chocolatebari</i>	ARUQ1036	MZ905376	MZ928300
<i>P. uranobates</i>	ICN55787	KY494231	—	<i>P. aff. parectatus</i>	MHUA012506	—	OL809998
<i>P. quantus</i>	UVC15905	JN104684	—	<i>P. aff. permixtus</i>	MHUA012248	—	MZ928295
<i>P. quinquagesimus</i>	KU179374	EF493690	—	<i>P. aff. permixtus</i>	MHUA012249	—	MZ928294
<i>P. verecundus</i>	QCAZ12410	EF493686	—	<i>P. aff. permixtus</i>	MHUA012250	—	MZ928296



Appendix III. Material evaluated from scientific collections.

Apéndice III. Material evaluado de colecciones científicas.

Pristimantis angustilineatus: El Boquerón, vereda Las Amarillas, Municipio de El Cairo, Departamento del Valle del Cauca, Colombia (ICN 39598, holotype); Vereda Las Amarillas, Municipio de El Cairo, Departamento del Valle del Cauca, Colombia (ICN 29281, 29286, 39598, 39601, 39611); Finca La Primavera, Vereda La Mesenia, Municipio de Jardín, Departamento de Antioquia, Colombia (MHUA-A 4450–4452).

Pristimantis baiotis: Municipio de Frontino, Antioquia, Colombia (ICN 16831); Municipio de Urao, Antioquia, Colombia (ICN 19181).

Pristimantis boulengeri: Finca La Samaria, corregimiento San Félix, Salamina, Caldas, Colombia (MHUA-A 6308–6310); Reserva Natural Navarco, Alto de la Línea, Calarca, Quindío (MHUA-A 06312–6314); Parque Nacional Los Nevados, Santa Rosa de Cabal, Risaralda, Colombia (MHUA-A 6363, 6365); Refugio Ecológico

La Pastora (4,707971 N, 75,492928 W), Parque Regional Natural Ucumarí, Pereira, Risaralda, Colombia (MHUA-A 8951, 8952); Sector Guala, Cajamarca, Tolima, Colombia (MHUA-A 10850, 10880, 10884, 10889, 10892, 10896, 10899, 10904).

Pristimantis dorsopictus: Entre los municipios de Sonsón y Nariño, Antioquia CSJ1520-1532, 1535, 1537, 1548–1553, 1560–1566); Parque Nacional Natural Selva de Florencia, Municipio de Pensilvania, Caldas (ARUQ-759, 760, 811).

Pristimantis brevifrons: Vereda Las Amarillas, El Cairo, Valle del Cauca (ICN 29269–29270); Vereda La Romelia, El Tambo, Cauca, Colombia (MHUA-A 6966, 6967).

Pristimantis urani: Vereda El Maravillo (6,51008 N, 74,144452 W), Corregimiento La Encarnación, Urao, Antioquia, Colombia (MHUA-A 7467, 7468, 7469, 7470, 7471, 7472).

Pristimantis myops: Sector Guala (4,74162 N, 76,29614 W), El Cairo, Valle del Cauca, Colombia (MHUA-A 9293).

Appendix IV. Genetic distances in percentage for species of the *Pristimantis boulengeri* group from 630 bases of the COI region. Italicized numbers on the diagonal indicate intraspecific genetic diversity. *Clade 1 = *P. cryptopictus* sp. nov.; *Clade 2 = *P. dorsopictus* (see text).

Apéndice IV. Distancias genéticas en porcentaje para las especies del grupo *Pristimantis boulengeri* a partir de 630 bases de la región COI. Los números en cursiva en la diagonal indican la diversidad genética intraespecífica. *Clado 1 = *P. cryptopictus* sp. nov.; *Clado 2 = *P. dorsopictus* (ver texto).

Distancias Genéticas		1	2	3	4	5	6	7	8
1	<i>P. angustilineatus</i> (n = 3)	0							
2	<i>P. boulengeri</i> (n = 2)	9.2–9.4	0.2						
3	<i>P. brevifrons</i> (n = 12)	10.8–11.8	7.1–8.9	0.0–5.0					
4	<i>P. cryptopictus</i> * sp. nov. (n = 13)	10.0–11.4	8.7–9.2	9.4–11.9	0.0–6.6				
5	<i>P. dorsopictus</i> * (n = 4)	13.9–14.5	9.7–10.5	7.3–9.1	12.8–14.9	0.0–0.9			
6	<i>P. myops</i> (n = 2)	15.4	14.3–14.6	15.7–18.7	15.4–18.6	15.7–16.6	0		
7	<i>P. urani</i> (n = 3)	10.8	11.1	11.0–11.6	11.4–12.7	11.9–12.2	18.3	0	
8	<i>P. quantus</i> (n = 1)	19.6	20.6–20.9	17.5–18.1	19.9–20.6	18.1–18.4	17.5	16.7	–



Appendix V. Genetic distances in percentage for species of the *Pristimantis boulengeri* group from 565 bases of the 16S region. Numbers in italics on the diagonal indicate intraspecific genetic diversity. *Clade 1 = *P. cryptopictus* sp. nov.; *Clade 2 = *P. dorsopictus* (see text).

Apéndice V. Distancias genéticas en porcentaje para las especies del grupo *Pristimantis boulengeri* a partir 565 bases de la región 16S. Los números en cursiva en la diagonal indican la diversidad genética intraespecífica. *Clade 1 = *P. cryptopictus* sp. nov.; *Clade 2 = *P. dorsopictus* (see text).

Distancias Genéticas		1	2	3	4	5	6	7	8
1	<i>P. angustilineatus</i> (n = 3)	<i>0-0.4</i>							
2	<i>P. boulengeri</i> (n = 3)	8.2-8.7	<i>0.0</i>						
3	<i>P. brevifrons</i> (n = 12)	5.4-6.8	6.3-7.2	<i>0.0-1.7</i>					
4	<i>P. cryptopictus</i> * sp. nov. (n = 9)	4.9-7.8	3.0-4.4	5.8-6.3	<i>0.0-2.2</i>				
5	<i>P. dorsopictus</i> * (n = 2)	4.9-5.4	4.9	4.0-4.9	4.0-4.4	<i>0-0.4</i>			
6	<i>P. myops</i> (n = 2)	7.3-7.7	7.7	6.3-8.2	6.3-7.7	6.8	<i>0.0</i>		
7	<i>P. urani</i> (n = 3)	3.5-4.0	5.3	4.4-5.4	3.1	3.5-4.4	7.3	<i>0.0</i>	
8	<i>P. quantus</i> (n = 1)	6.3-6.8	5.3	5.8-6.3	3.5-4.9	4.0	7.3	5.4	-

THE OCCURRENCE OF THE MILK FROG *TRACHYCEPHALUS TYPHONIUS* (AMPHIBIA: HYLIDAE) IN THE CENTRAL VALLEY OF COSTA RICA

PRESENCIA DE LA RANA LECHERA *TRACHYCEPHALUS TYPHONIUS* (AMPHIBIA: HYLIDAE) EN EL VALLE CENTRAL DE COSTA RICA

JOSÉ MANUEL MORA^{1,2*} MIGUEL A. RODRÍGUEZ³, GERARDO CHAVES⁴ & LUCÍA I. LOPEZ⁵

¹Carrera de Gestión Ecoturística, Sede Central, Universidad Técnica Nacional, Costa Rica. <https://orcid.org/0000-0002-1200-1495>

²Department of Biology and Museum of Vertebrate Biology, Portland State University, Portland, Oregon 97207, USA

³WANATURA San Ramón, Alajuela, Costa Rica. <https://orcid.org/0000-0002-4818-6540>

⁴Museo de Zoología, Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. <https://orcid.org/0000-0002-4301-6569>

⁵Unidad de Ciencias Básicas y Carrera de Tecnología de Alimentos, Sede Atenas, Universidad Técnica Nacional, Atenas, Costa Rica. <https://orcid.org/0000-0002-0120-7981>

*Correspondence: jomora@pdx.edu

Received: 2021-10-28. Accepted: 2021-12-07. Published: 2022-02-03.

Editor: Andrea Paz, Colombia.

Resumen.— *Trachycephalus typhonius* es una especie común en varios tipos de hábitat y tiene una amplia distribución desde México hasta el sur de Brasil y norte de Argentina. En Costa Rica habita las tierras bajas del Pacífico y marginalmente en la cuenca del río San Juan cerca de la frontera con Nicaragua. No obstante, sus registros en Costa Rica son limitados. Aquí reportamos la presencia de esta especie en el Valle Central de Costa Rica a 1145 m de elevación en el bosque tropical premontano húmedo. Este registro es el primero para esta zona de vida en Costa Rica lo que podría indicar que la especie se ha expandido a nuevos ambientes climáticos. No obstante, y aunque la especie no se había reportado en esta localidad, es posible que tenga una distribución histórica aquí, pero sus poblaciones han sido afectadas por cambios en el uso del suelo.

Palabras clave.— Bosque húmedo premontano tropical, conservación, especie ganadora, ranas arborícolas, zonas de vida.

Abstract.— *Trachycephalus typhonius* is a common species in several habitat types, and it has a wide distribution from Mexico to southern Brazil and northern Argentina. In Costa Rica, it inhabits the Pacific lowlands and marginally in the San Juan River basin near the border with Nicaragua. However, their records in Costa Rica are limited. Here we report the presence of this frog in the Central Valley of Costa Rica at 1145 m elevation in the Tropical Premontane Moist forest. This record is the first for this life zone in Costa Rica, which could indicate that the species has expanded to new climatic environments. However, and although the species had not been reported in this locality, it is possible that it has a historical distribution here, but its populations have been affected by changes in land use.

Keywords.— Conservation, tree frogs, life zones, tropical premontane moist forest, winner species.

Amphibia is a highly diversified group in Costa Rica where at least 215 species have been detected (Rodríguez et al., 2020). In this high number, the 38 native tree frogs of the Hylidae family stand out (Duellman et al., 2016; Rodríguez et al., 2020) with some rare species such as *Isthmohyla xanthosticta* which is only known from a single individual and some other very common such as *Trachycephalus typhonius* (Leenders, 2016). This species is a giant in this family that also includes tiny ones such as

Isthmohyla zeteki showing the extreme variability in shape and size of tree frogs in Costa Rica (Leenders, 2016).

The genus *Trachycephalus* includes 14 species of large, casque-headed tree frogs that have a helmetlike skull and green bones (Duellman et al., 2016). Milk frog *Trachycephalus typhonius* (Linnaeus, 1758) is the only species of the genus found in Central America (Ron et al., 2016). This frog has a perplex taxonomic



Figura 1. Una *Trachycephalus typhonius* encontrada en un área semiurbana en Palmares, Alajuela, en el Valle Central, Costa Rica. Foto: Miguel A. Rodríguez.

Figure 1. A *Trachycephalus typhonius* found in a semi-urban area in Palmares, Alajuela, in the Valle Central, Costa Rica. Photo: Miguel A. Rodríguez.

history since first described by Linnaeus (1758) as *Rana typhonia* (Lavilla et al., 2010). Until some years ago it was referred as *Phrynohyas venulosa* (e.g. Duellman, 1970) and then *Trachycephalus venulosus* (e.g. Faivovich et al., 2005), but Lavilla et al. (2010) defined its identity and gave the name combination accepted today. However, the species presents high morphological variation (e.g. McDiarmid, 1968), so it may represent a species complex (Savage, 2002; Lavilla et al., 2010), a fact supported by a high variety of advertisement calls (Zaracho et al., 2018).

Among many South American hylid taxa dispersed northward, Milk frog presents the greatest distribution reaching Mexico

and occupying all of tropical Middle America (Duellman et al., 2016). As currently defined, this species has a wide distribution ranging from Sinaloa, México to eastern Panama on the Pacific slope and from Tamaulipas, México to northern Nicaragua on the Caribbean slope (Leenders, 2016). In South America Milk frog inhabits Colombia and western Ecuador along the Pacific slope, eastern Venezuela, Trinidad and Tobago, the Guianas to southern Brazil in the Amazon basin, extending to northern Argentina (Savage, 2002; La Marca et al., 2010).

Milk frog is commonly observed in forest, forest edges, savanna, and secondary growth, but it is especially common

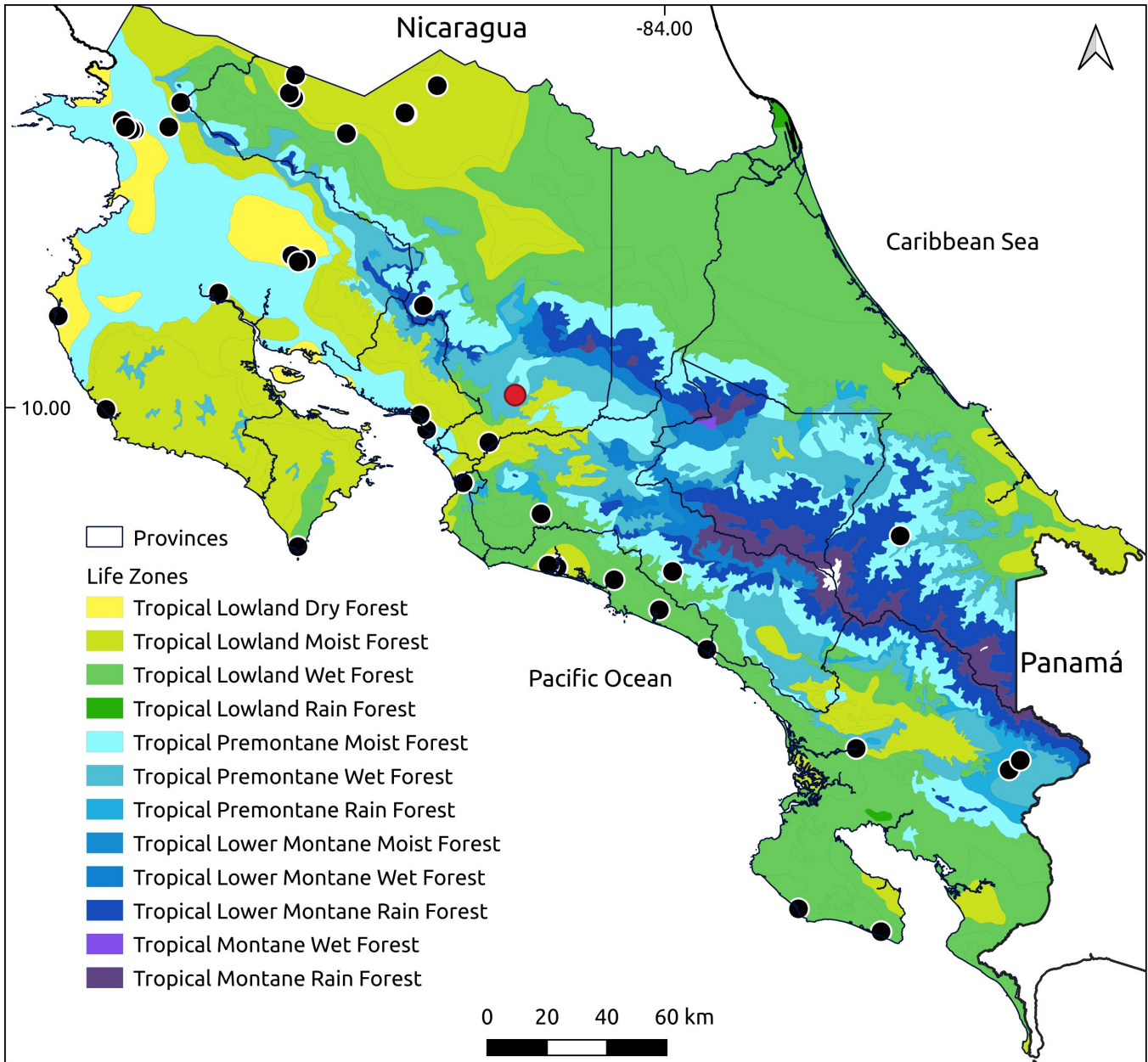


Figura 2. Distribución de *Trachycephalus typhonius* en Costa Rica basada en registros del Museo de Zoología, Universidad de Costa Rica (puntos negros), y los registros recientes de la cuenca alta del río Térraba, Coto Brus. El Nuevo registro del Valle Central está indicado con un punto rojo. Mapa: Gerardo Chaves.

Figure 2. Distribution of *Trachycephalus typhonius* in Costa Rica based on records stored at the Museo de Zoología, Universidad de Costa Rica (black dots), and the recent records from the upper basin of the Río Térraba, Coto Brus. The new record from the Valle Central is indicated with a red dot. Map: Gerardo Chaves.

in open habitat types and persists in disturbed habitats and plantations (Leenders, 2016). We have observed this species commonly in lowland protected areas such as Palo Verde and Santa Rosa national parks, even on walls and building sinks; it is regularly found in or near human dwellings (La Marca et al.,

2010). This frog is very striking among other things because it is one of the largest tree frogs in the country with about 114 mm of snout-vent length (Leenders, 2016). Despite being a common species, its records in Costa Rica are limited (Gómez-Hoyos et al., 2020).

In Costa Rica, Milk frog inhabits the Pacific lowlands and marginally in the San Juan River basin on the northern slope (Savage, 2002) on the border with Nicaragua (Leenders, 2016). It is known from lowlands up to 1100 m a.s.l. (Sasa et al., 2010). Here it inhabits dry, humid, and very humid forests where it is common to observe at breeding sites in temporary ponds and at night in the dry season perching on branches and vegetation while foraging (Savage, 2002). Milk frog uses parachuting as part of its locomotion abilities (Leenders, 2016). The species occurs mainly in areas with a prolonged dry season where during the day it hides in bromeliads, tree hollows, under the bark of live and dead trees or sheaths of heliconia and bananas (Savage, 2002).

Milk frog is large and robust with distinctively glandular skin (Leenders, 2016). Its color ranges from pale grayish to reddish brown with a dark dorsal blotch covering its back, although this may be uniform in color (Savage, 2002). Males of this species have paired lateral vocal sacs behind angles of the jaw (Lee, 2000; Moura et al., 2021). This species produces harmful, irritating sticky whitish secretions (McDiarmid, 1968), hence its common name of milk frog. It is also called pepper tree frog because it may stimulate sneezing (Meyer & Foster, 1996). The milky skin secretions protect the individuals against dehydration, frogs even used their secretions to line tree cavities that they use as refuges (Manzanilla, et al. 1998). The skin secretions are also used as a deterrent to predation (Manzanilla et al., 1998).

We found an adult Milk frog fortuitously outside a house at night. We obtained occurrence data of this species from literature (e.g. Savage, 2002; La Marca et al., 2020; Sasa et al., 2010; Duellman et al., 2016; Leenders, 2016). We identified the species on site because this frog is easily separated from any other species in Costa Rica. It lacks vertical dark bars on lips, has uniform flanks, a reticulated pattern of the iris and a glandular skin, characters enough to differentiate this species from similar ones (Savage, 2002; Leenders, 2016). *Smilisca baudinii* lacks glandular skin, a light suborbital spot is usually present, and lips are usually barred (Savage, 2002). *Osteopilus septentrionalis* (which is introduced) has not clearly glandular skin and is only found at the city of Limon on the Caribbean side of Costa Rica (Leenders, 2016). Other hylids found sympatric with Milk frog besides *Smilisca baudinii* are *Scinax staufferi* and *Dendropsophus microcephalus* that are very small (Savage, 2002). Other common medium to large size frogs found on Northwestern Costa Rica are the leptodactylids *Leptodactylus fragilis*, *L. melanonotus*, *L. poecilochilus* and *L. savagei*, and the ranids *Lithobates forreri* and *L. vaillanti* (Sasa et al., 2010). We reviewed 56 records of Milk frog from the Zoology Museum of the University of Costa Rica

(UCR) to obtain data on the altitudinal distribution and life zone occupancy of this species in Costa Rica. In addition, we reviewed records for this species in Central America in the Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2021).

We found a female Milk frog in a glass window after a heavy downpour on 17 July 2021 at 19:20 h (Fig. 1). The house is surrounded by agricultural areas in the community of Rincón, Zaragoza district, Palmares county, Alajuela province (10° 02' 16" N, 84° 27' 13" W; 1145 m elevation; Fig. 2). This locality belongs to the Tropical Premontane Moist Forest (Fig. 2) after the Holdridge life zone system (Holdridge, 1969; Centro Científico Tropical, 1993). The area where we observed the frog is semi-urban and the land is mainly dedicated to the cultivation of coffee, and guava at one nearby plot.

The lowlands of Costa Rica where Milk frog has been recorded are in the Dry, Moist and Wet tropical forest life zones, as well as in the Tropical Premontane Moist Forest, basal transition, the Tropical Premontane Wet Forest, basal transition, and the Premontane Rain Forest, rain transition (Table 1). The highlands of Costa Rica where Milk frog has been recorded (UCR records), are all localities in the Tropical Premontane Rain Forest (Table 1): San Isidro de Dota at 800 m elevation (UCR 21483), Peñas Blancas de San Ramón at 900 m elevation (UCR 18835), Volcán Cacao at 1070 m elevation (UCR 19661), and Bratzi de Talamanca at 1100 m elevation on the Caribbean slope (UCR 9475). Two recent reports from the Coto Brus Valley are from a life zone not previously recorded for Milk frog, Tropical Premontane Rain Forest, Rain transition, at 1092 m elevation (Gómez-Hoyos et al., 2020). Unfortunately, Gómez-Hoyos et al. (2020) did not mention if *T. typhonius* has been known to people at the site or if it may be a recent arrival in the area. Our record is the first one for the Tropical Premontane Moist Forest in Costa Rica.

The distribution of Milk frog in Costa Rica is plain, since it clearly occupies the Pacific lowlands and the lower part of the San Juan River basin in the north of the country (Fig. 2). There are fewer records from the southwestern, but it has been found on the Osa Peninsula. There is a record on the Caribbean slope very isolated from the other points (Fig. 2). However, the species may occur there overpassing the high mountains of Talamanca surrounding the Chiriquí mountain range through Panama, a biogeographical pattern seen on other vertebrate species in Costa Rica (Gómez, 1986). Milk frog was reported recently from the Coto Brus area, near the Panama border, in the Térraba River basin (Gómez-Hoyos et al., 2020). It is striking that at the moment there are no records in the GBIF database from these points in southern of Costa Rica to the center of Panama with

Tabla 1. Número de individuos (#) de *Trachycephalus typhonius* por zonas de vida de Holdridge (LZ) y tipos de bosque (Forest), y ámbito de elevación (m) de los registros en Costa Rica. Se trata de 56 especímenes de la colección del Museo de Zoología de la Universidad de Costa Rica, el nuevo registro presentado en esta nota (*), y dos registros recientes del Valle de Coto Brus (**).

Table 1. Number of individuals (#) of *Trachycephalus typhonius* per Holdridge's life zones (LZ) and forest types (Forest), and elevation range (m) of the records in Costa Rica. These are 56 specimens from the collection of the Zoology Museum, University of Costa Rica, the new record presented in this note (*), and two recent records from Coto Brus Valley (**).

LZ	Forest	m	#
bs-T	Tropical Lowland Dry Forest	55-120	3
bs-T2	Tropical Lowland Dry Forest, moist transition	10	1
bh-T	Tropical Lowland Moist Forest	6-100	9
bh-T2	Tropical Lowland Moist Forest, wet transition	4-120	5
bmh-T	Tropical Lowland Wet Forest	5-280	5
bmh-P6	Tropical Lowland Wet Forest, basal transition	2-300	8
bh-P	Tropical Premontane Moist Forest	1145	*1
bh-P6	Tropical Premontane Moist Forest, basal transition	5-350	18
bmh-P6	Tropical Premontane Wet Forest, basal transition	40	1
bmh-P4	Tropical Premontane Wet Forest, Rain transition	1092	**2
bp-P	Tropical Premontane Rain Forest	800-1100	4

some records in the provinces of Veraguas and Herrera and to the south.

This is the first report for Milk frog in the Central Valley of Costa Rica, but also important is that it is the first report in the Tropical Premontane Moist Forest. The closest site to the new record in Palmares is only about 35 km away, but in the Tropical Moist Forest at only 100 m elevation (UCR 926). However, the distance of 35 km is overcoming the Aguacate mountains from

100 to over 1000 m elevation. In this sense, the record does not extend the known distribution range significantly, furthermore, the record does not stray far from its altitudinal range. However, the record is important due to several reasons. The Central Valley is a region of Costa Rica geographically and culturally separated from the other regions of the country (Gómez, 1986). The best agriculture soils of Costa Rica are found in this intermountain valley as well as the largest human settlements such as the great metropolitan area (Gómez, 1986). As a result, the Central Valley has lost most of its original vegetation cover and its associated animal biodiversity (Sasa et al., 2010; Jankilevich, 2019). In recent years, urban biological corridors have been created and are consolidating in the main cities of the Central Valley (Jankilevich, 2019), which help the permanence and mobilization of animal species. The appearance or reappearance of species such as Milk frog in the Central Valley may be an important biological and environmental indication. Moreover, our record is the first found in the Tropical Premontane Moist Forest, which may imply that the species could be expanding its capacity to inhabit new climatic environments, showing a high resilience. Even if this is not a new arrival, our record is significant because it means that the species persists not only in open areas but also in areas strongly affected by anthropic activities whose amphibian communities were eliminated. It is possible that the species has existed in the Central Valley of Costa Rica but somehow ignored. One of us (MAR) observed a Milk frog in the same area in 2012, but considered it as a common sighting. However, there are no other records from the Central Valley. At least nine frog species were encountered in the Central Valley even after its high urbanization process (Sasa et al., 2010), but this list did not include Milk frog. There are cases of native frog species transplanted within the country through direct human agency or invade new areas as altered habitats create avenues for their dispersal (Sasa et al., 2010). As a result, the appearance of Milk frog in the Central Valley could be one of these cases because it is a winner. Winners might have persisted in low densities in forests, but after habitat conversion to agricultural areas they become more abundant (Pyrón, 2018). Habitat conversion not only create losers, species quickly reduced in abundance or extirpated from natural habitats, but also create winners, species increasing abundance in modified landscapes due to drastic ecological gains (Pyrón, 2018). Milk frog is readily found in open areas but it is scarce in forested habitats (Leenders, 2019). As a result, this species could be a good bioindicator of environmental conditions. Evaluations and explorations are necessary to obtain valid conclusions in terms of distribution and conservation of Milk frog and other species. Continuous monitoring of species and habitats is necessary to

assess the distribution and status of amphibian populations in Costa Rica.

Acknowledgements.– JMM acknowledges Emilce Rivera, Department head, Gestión Ecoturística, Sede Central, and LIL acknowledges Uriel Rojas, Ingeniería en Tecnología de Alimentos, Sede Atenas, both of Universidad Técnica Nacional (UTN), for assigning time to work on this paper.

CITED LITERATURE

- Centro Científico Tropical. 1993. Mapa Ecológico de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Duellman, W.E. 1970. The Hylid frogs of Middle America. Monograph of the Museum of Natural History, University of Kansas, USA.
- Duellman, W.E., A.B. Marion & S.B. Hedges. 2016. Phylogenetics, classification, and biogeography of the treefrogs (Amphibia: Anura: Arboranae). *Zootaxa* 4104:1-109.
- Faivovich, J., C.F.B. Haddad, P.C.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* 294:6-228.
- Gómez-Hoyos, D.A., W. Herrera Molina, K. Arias Marín, R. Méndez-Arrieta & A. Méndez-Arrieta, A. 2020. La rana lechera (*Trachycephalus typhonius*) en Costa Rica: registro en la cuenca alta del río grande de Térraba a través de inventarios participativos de biodiversidad. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 3:105-107.
- GBIF.org. 2021. *Trachycephalus typhonius* (Linnaeus, 1758) in GBIF Secretariat (2021). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/390mei>. [Accessed on 28 August 2021].
- Gómez, L.D. 1986. Vegetación de Costa Rica Apuntes para una Biogeografía Costarricense. EUNED, San José, Costa Rica.
- Holdridge, L.R. 1967. Life Zone Ecology. Centro Científico Tropical, San José, Costa Rica.
- Jankilevich, C. 2019. Puesta en valor del paisaje y regeneración del bosque en los corredores biológicos interurbanos del área metropolitana de Costa Rica. *Ambientico* 272:45-53.
- La Marca, E., C. Azevedo-Ramos, N. Scott, L. Aquino, D. Silvano, L.A. Coloma, S. Ron, J. Faivovich, G. Santos-Barrera, F. Solís, R. Ibáñez, F. Bolaños, L.D. Wilson, J. Hardy & P. Ponce. 2010. *Trachycephalus typhonius* (errata version published in 2016). The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T55824A95508779. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T55824A11373788.en>. [Accessed on 31 August 2021].
- Lavilla, E.O., J.A. Langone, J.M. Padial & R.O. de Sá. 2010. The identity of the crackling, luminescent frog of Suriname (*Rana typhonia* Linnaeus, 1758) (Amphibia, Anura). *Zootaxa* 2671:17-30.
- Lee, J. C. 2000. A Field Guide to the Amphibians and Reptiles of the Maya World, the lowlands of Mexico, northern Guatemala and Belize. Comstock Publishing Associate and Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- Leenders T. 2016. Amphibians of Costa Rica, a field guide. A Zona Tropical Publication, Cornell University Press, New York, USA.
- Manzanilla, J., E. La Marca, O. Villareal & D. Sánchez. 1998. *Phrynohyas venulosa* (Milki frog, “Rana lechosa”), antipredator device. *Herpetological Review* 29:39-40.
- McDiarmid, RW. 1968. Population variation in the frog genus *Phrynohyas* Fitzinger in Middle America. *Contributions in Science Los Angeles County Museum* 134:1-25.
- Meyer, J.R. & C. Foster. 1996. A Guide to the Frogs and Toads of Belize. Krieger Publ. Co., Malabar, Florida, USA.
- Moura, P.H.A.G., A.J. Elias-Costa, I. Nunes & J. Faivovich. 2021. Diversity and evolution of the extraordinary vocal sacs of casque-headed treefrogs (Anura: Hylidae). *Biological Journal of the Linnean Society* 134:423-442.
- Pyron, R.A. 2018. Global amphibian declines have winners and losers. *Proceedings of National Academy of Science* 115:3739-3741.
- Rodríguez, J., G. Chaves, K. Neam, J. Luedtke, L. Carrillo, F., Bolaños & Y. Matamoros. 2020. Taller de Evaluación de las Necesidades de Conservación de Anfibios – Arca de los Anfibios y de la Lista Roja de la UICN: Un Esfuerzo para la Segunda Evaluación Global de Anfibios. 9-13 septiembre, 2019. Parque Zoológico y Jardín Botánico Nacional Simón Bolívar, San José, Costa Rica. Grupo de Especialistas en Anfibios UICN SSC y Grupo de Especialistas en Planificación para la Conservación UICN SSC (CPSG Mesoamérica).



- Ron, S.R., P.J. Venegas, H.M. Ortega-Andrade, G. Gagliardi-Urrutia & P. Salerno. 2016. Systematics of *Ecnomiohyla tuberculosa* with the description of a new species and comments on the taxonomy of *Trachycephalus typhonius* (Anura, Hylidae). *ZooKeys* 630:115-154.
- Sasa, M., G. Chaves & L.W. Porras. 2010. The Costa Rican herpetofauna: conservation status and future perspectives. Pp. 509-603. In L.D. Wilson, J.H. Townsend & J.D. Johnson (Eds.). *Conservation of Mesoamerican Amphibians and Reptiles*. Eagle Mountain Publications, 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, USA.
- Zaracho, V.H., L.D. Aguiar & A.A. Giaretta. 2018. Geographic variation in the advertisement call of *Trachycephalus typhonius* (Anura: Hylidae) based on South American samples. *Zootaxa* 4521:404-416.



PRIMER REPORTE DE AMELANISMO EN *AMBYSTOMA VELASCI* DUGÈS, 1888 (CAUDATA: AMBYSTOMATIDAE) DEL CENTRO DE MÉXICO

FIRST REPORT OF AMELANISM IN *AMBYSTOMA VELASCI* DUGÈS, 1888 (CAUDATA: AMBYSTOMATIDAE) FROM CENTRAL MEXICO

LUIS FERNANDO DEL MORAL-FLORES^{1*}, JORGE PÉREZ-DÍAZ¹, EDUARDO LÓPEZ-SEGOVIA^{1,2} & TAO HERNÁNDEZ-ARELLANO³

¹Laboratorio de Zoología, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. de los Barrios No. 1, Los Reyes Iztacala, C.P. 54090 Tlalnepantla, Estado de México, México.

²Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM; Av. Ciudad Universitaria 3000, C.P. 04510, Coyoacán, Ciudad de México, México.

³KAI Ocean Labs 5799 Cunard Street Nova Scotia B3K 1C9, Canada.

*Correspondence: delmoralfer@comunidad.unam.mx

Received: 2021-04-28. Accepted: 2021-01-06. Published: 2022-02-03.

Editor: Nicolas Pelegrin, Argentina.

Abstract.— We present the first record of the coloration abnormality amelanism in a specimen of *Ambystoma velasci*, captured in a reservoir east of Tlaxcala, Mexico.

Keywords.— Amphibians, axolotls, chromatic abnormality, plateau tiger salamander, salamander.

Resumen.— Se presenta el primer registro de la anomalía en coloración amelanismo en un ejemplar de *Ambystoma velasci*, capturado en un embalse al oriente de Tlaxcala, México.

Palabras clave.— Ajolotes, ajolote del altiplano, anfibios, anomalía cromática, salamandra.

Los anfibios, incluyendo a las salamandras y ajolotes, han desarrollado diferentes patrones de coloración en respuesta a las presiones de selección, función en la termorregulación, camuflaje, advertencia y mimetismo (Bechtel, 1995). Así mismo se han registrado diversos patrones y anomalías de coloración (Jablonski et al., 2014), destacando los diversos grados de amelanismo, incluyendo albinismo total o parcial y organismos leucísticos (Hensley 1959; Dyrkacz 1981). El amelanismo, también conocido como amelanosis, es una anomalía que se distingue por carecer de pigmentos en la piel, conocidos como melaninas (Moore & Gilhen, 2011).

Varias anomalías cromáticas particulares se han reportado en los caudatos, incluyendo especies de la familia Ambystomatidae. Se ha detectado albinismo y leucismo en más de la mitad de las especies del género *Ambystoma*: *A. flavipiperatum*, *A. gracile*, *A. jeffersonianum*, *A. mabeei*, *A. maculatum*, *A. mavortium*, *A. mexicanum*, *A. opacum*, *A. talpoideum*, *A. texanum*,

A. tigrinum (Smith & Michener, 1962; Harris, 1967; Palmer & Branswell, 1980; Dyrkacz, 1981; Jones, 1991; Petranksa, 1998; Mitchell & Church, 2002; Cortés-Vázquez et al., 2016; Hartzell, 2020; Palis et al., 2020). Este tipo de anomalías cromáticas no han sido reportadas en el ajolote del Altiplano mexicano, *A. velasci* Dugès, 1888, por lo que en esta contribución se presenta el primer registro de amelanismo en la especie.

Durante los estudios ictiofaunísticos en diversos embalses del estado de Tlaxcala (bajo el permiso de colecta PPF/DGOPA-075/21), el 17 julio del 2020, alrededor de las 16:00 h, capturamos de manera incidental un individuo neoténico de *A. velasci* (58 cm de longitud total), que se encontraba dentro de la presa Tenexac (19.500569° N, 97.981056° W; WGS84; elev. 2,670 m), en la localidad de Tenexac, municipio de Terranete, Tlaxcala, México. El individuo tenía un mayor tamaño y una coloración diferente a otros ejemplares neoténicos capturados previamente (ver Pérez-Díaz et al., 2020). El organismo presentó ojos de

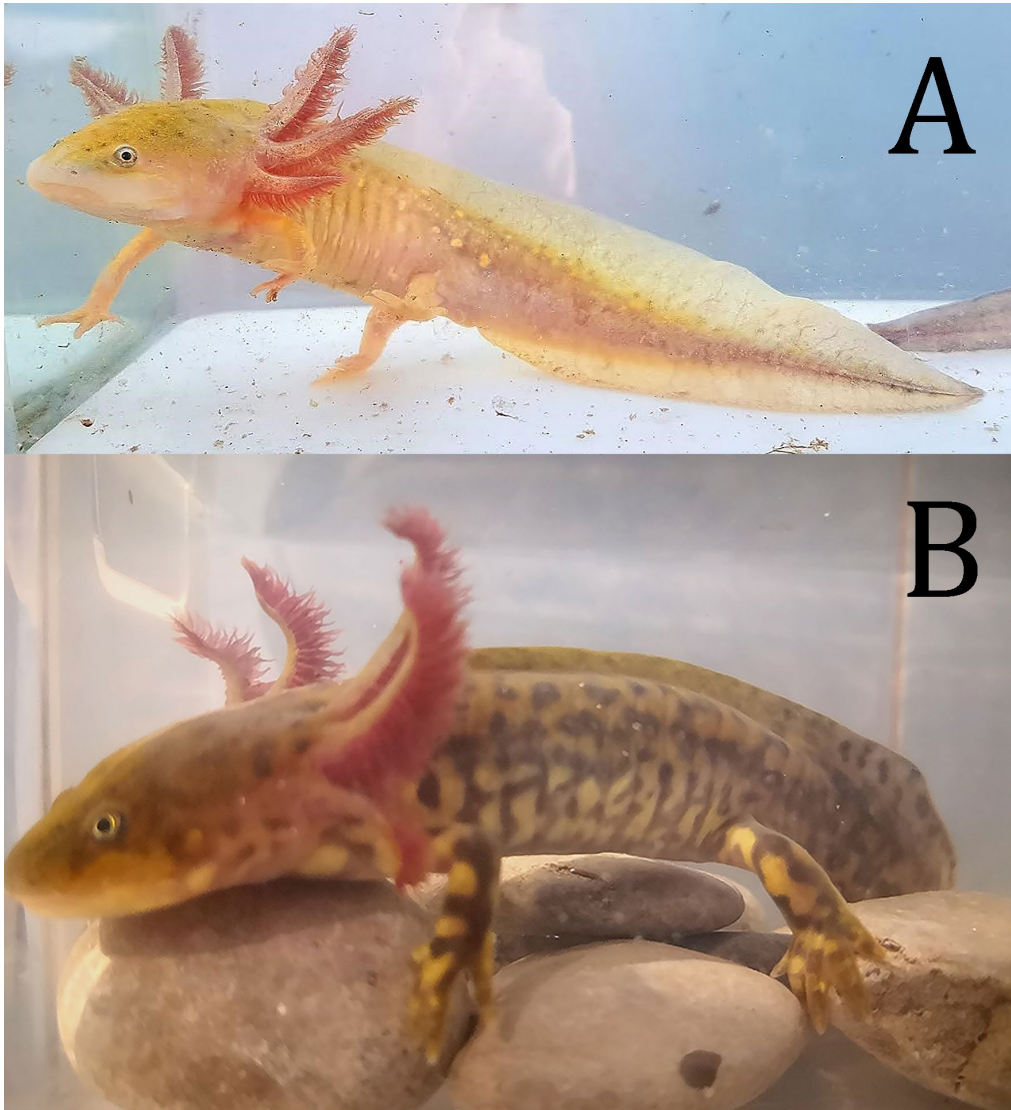


Figure 1. A) Amelanistic individual of *Ambystoma velasci* and B) individual of *A. velasci* with typical coloration, both individuals from Tenexac, Tlaxcala, Mexico.

Figura 1. A) Individuo amelanístico de *Ambystoma velasci* e B) individuo de *A. velasci* con coloración típica, ambos individuos de la presa Tenexac, Tlaxcala, México.

coloración normal, región corporal dorsal y ventral amelánica, a excepción de sutiles manchas negras dispersas en la cabeza típicas de la especie, mientras que las filas de manchas dorso-laterales eran amarillas (Fig. 1A). De acuerdo con Fernandez (1988), las tonalidades amarillas se deben principalmente a los xantóforos y el patrón de disposición de los cromatóforos, mientras que las coloraciones verdosas se manifiestan por la combinación entre xantóforos e iridióforos. El individuo amelánico fue fotografiado *in situ* (Fig. 1A) y depositado en el Laboratorio de Zoología de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM.

Se ha determinado que la coloración de algunos anfibios está condicionada por su estado de nutrición (Brenes-Soto et al., 2017) y en otros casos por agentes genotóxicos, como los residuos organoclorados y otros contaminantes. Éstos pueden alterar su desarrollo embrionario y ocasionar mutaciones y anomalías morfológicas a nivel de individuo (Jayaraj et al., 2016), o algunas alteraciones a nivel población como la asimetría cromática en salamandras *A. maculatum* como mecanismo de respuesta e indicador de estrés ante ambientes antropizados (Wright & Zamudio 2002). También se han reportado cambios en color durante los estados larvarios asociados con la temperatura en *A. barbouri* y *A. texanum* (García et al., 2003).

En México se ha estudiado ampliamente la variación genética del color en otras especies de Ambistomátidos, destacando el caso de *A. mexicanum* (Frost et al., 1984), sin embargo, existe muy poca información sobre los patrones y anomalías cromáticas en la gran mayoría de las especies y sus poblaciones nativas. Destacamos el registro de estas anomalías cromáticas, dado que son registros infrecuentes en la naturaleza.

Agradecimientos.– Agradecemos al Proyecto PAPIIT IA207820 por el financiamiento del equipo utilizado en la presente investigación. Al SNI-CONACYT por el apoyo otorgado.

LITERATURA CITADA

- Bechtel, H.B. 1995. Reptile and Amphibian Variants: Colors, Patterns, and Scales. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, USA.
- Brenes-Soto, A., E.S. Dierenfeld & G.P.J. Janssens. 2017. Colouration in amphibians as a reflection of nutritional status: The case of tree frogs in Costa Rica. *PLoS ONE* 12(8):e0182020.
- Dyrkacz, S. 1981. Recent instances of albinism in North American amphibians and reptiles. *Society for the Study of Amphibians and Reptiles Herpetological Circular* 11:1-31.
- Cortés-Vázquez, S., D. Cruz-Sáenz & L.D. Wilson. 2016. Notes on a leucistic *Ambystoma flavipiperatum* Dixon, 1963 (Caudata: Ambystomatidae). *Mesoamericana Herpetology* 3:1077-1080.
- Fernandez, P.J. Jr. 1988. Purine and pteridine pigments of light- and dark-colored Arizona Tiger Salamanders. *The Journal of Experimental Zoology* 245:121-129.
- Frost, S.K., F. Briggs & G.M. Malacinski. 1984. A color atlas of pigment genes in the Mexican axolotl (*Amystoma mexicanum*). *Differentiation* 26:182-188.
- García, T.S., R. Straus & A. Sih. 2003. Temperature and ontogenetic effects on color change in the larval salamander species *Ambystoma barbourin* and *Ambystoma texanum*. *Canadian Journal of Zoology* 81:710-715.
- Harris, H.S. Jr. 1967. Albinism in the Jefferson Salamander, *Ambystoma jeffersonianum* Green. *Bulletin of the Maryland Herpetological Society* 3:99-100.
- Hartzell, S.M. 2020. An amelanistic spotted salamander, *Ambystoma maculatum* (Caudata: Ambystomidae) from Eastern Pennsylvania. *Herpetology Notes* 13:179-180.
- Hensley, M. 1959. Albinism in North American amphibians and reptiles. *Publications of the Museum, Michigan State University* 1:133-159.
- Jablonski, D., A. Alena, P. Vlček & D. Jandzik. 2014. Axanthism in amphibians: A review and the first record in the wide-spread toad of the *Bufo viridis* complex (Anura: Bufonidae). *Belgian Journal of Zoology* 144:93-101.
- Jayaraj, R., P. Megha & P. Sreedev. 2016. Organochlorine pesticides, their toxic effects on living organisms and their fate in the environment. *Interdisciplinary Toxicology*, 9: 90-100.
- Jones, R.G. 1991. *Ambystoma texanum* (Smallmouth Salamander). Albinism. *Herpetological Review* 22:128-129.
- Mitchell, J.C. & D.R. Church. 2002. Leucistic Marbled Salamanders (*Ambystoma opacum*) in Virginia. *Banisteria* 20:67-69.
- Moore, J.D. & J. Gilhen. 2011. Two amelanistic eastern red-backed salamanders (*Plethodon cinereus*) from eastern Canada. *Canadian Field-Naturalist* 125:58-60.
- Palis, J.G., A.M. Grosse & R.E. Dellinger. 2020. *Ambystoma mabeei* (Mabee's Salamander). Aberrant coloration. *Herpetological Review* 51:287-288.
- Palmer, W.M. & A.L. Braswell. 1980. Additional records of albinistic amphibians and reptiles from North Carolina. *Brimleyana* 3:49-52.
- Pérez-Díaz, J., E. López-Segovia, T. Hernández-Arellano & L.F. Del Moral-Flores. 2020. Una población adicional del ajolote del altiplano, *Ambystoma velasci* Dugès, 1888 (Caudata: Ambystomatidae) en Tlaxcala, México. *Árido-Ciencia* 5:31-34.
- Petranka, J.W. 1998. *Salamanders of the United States and Canada*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC, USA.
- Smith, P.B. & M.C. Michener. 1962. An adult albino *Ambystoma*. *Herpetologica* 18:67-68.
- Wright, A.N. & K.R. Zamudio. 2002. Color pattern asymmetry as a correlate of habitat disturbance in spotted salamanders (*Ambystoma maculatum*). *Journal of Herpetology* 36:129-133.



NUEVOS REGISTROS DE LA SERPIENTE *ENULIUS OLIGOSTICHUS* EN SINALOA Y COMENTARIOS SOBRE SU DISTRIBUCIÓN

NEW RECORDS OF THE SNAKE *ENULIUS OLIGOSTICHUS* IN SINALOA AND COMMENTS ON ITS DISTRIBUTION

RAFAEL A. LARA-RESENDIZ^{1,2*} & JOSÉ DAVID JACOBO GONZÁLEZ³

¹Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Centro de Zoología Aplicada y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Instituto de Diversidad y Ecología Animal, Córdoba, Argentina.

²Ecología para la Conservación del Gran Desierto, A.C., Hermosillo, Sonora, Mexico.

³Reserva Ecológica del Mineral de Nuestra Señora Mundo Natural, Cosalá, Sinaloa.

*Correspondence: rafas.lara@gmail.com

Received: 2021-10-29. Accepted: 2021-12-21. Published: 2022-02-03.

Editor: Adrian Leyte Manrique, México.

Abstract.— We report two new records of the Mexican long-tailed snake (*Enulius oligostichus*) in the Ecological Reserve of Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria, Cosalá, Sinaloa. Until now, there was only one record in Sinaloa, but in this work, after 55 years, we confirm the presence of this species in the state, which represents the northernmost records adjacent to Durango.

Keywords.— Range extension, ecological reserve, Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria, snakes.

Resumen.— Se describen dos nuevos registros de la culebra cola larga mexicana (*Enulius oligostichus*) en la Reserva Ecológica del Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria, Cosalá, Sinaloa. Hasta la fecha, solo existía un registro en Sinaloa, pero en este trabajo, después de 55 años, ratificamos la presencia de esta serpiente en el estado, siendo los registros más norteros adyacentes a Durango.

Palabras clave.— Ampliación de distribución, reserva ecológica, Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria, serpientes.

La serpiente *Enulius oligostichus* Smith, Arndt & Sherbrook, 1967, es una culebra rara y poco conocida debido a sus hábitos altamente secretivos. Esta especie se caracteriza por tener un color dorsal bronceado oscuro uniforme con 15 escamas dorsales, vientre claro y ausencia de collar (Fig. 1A). Es de tamaño pequeño (LHC=225 mm) con cola larga (117 mm) de casi la mitad de su longitud total (McDiarmid & Bezy, 1971). La especie está protegida por la ley mexicana bajo la categoría de Protección Especial (Pr; NOM-059-SEMARNAT, 2010), así mismo se carece de información biológica detallada sobre su estado de conservación y por lo tanto ha sido evaluada como *Data Deficient* por la UICN (Ponce-Campos et al., 2007).

Se trata de una especie endémica de México y su distribución conocida se limita a registros aislados y esporádicos. La localidad tipo de *E. oligostichus* está ubicada a 8-24 km al NE de San Blas, Nayarit (UIMNH-62740; Smith et al., 1967). Consecutivamente, McDiarmid y Bezy (1971) colectaron tres nuevos especímenes, dos en la misma región general que el holotipo (UAZ-20368, LACM-

36232) y el tercero (LACM 55022) se encontró en la carretera Méx-15 a 3.3 km al sur de Elota, Sinaloa (~400 km al norte de la localidad tipo). Posteriormente, en el estado de Jalisco, Ponce-Campos (2003) la registró en Zapopán y Reynoso et al. (2014) en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, los cuales representan 213 y 243 km de distancia a la localidad tipo. En este sentido, se conoce poco de su hábitat, pero se ha documentado que habita en la hojarasca y bajo troncos del bosque tropical caducifolio (McDiarmid & Bezy, 1971; Reynoso et al., 2014).

En esta nota, aportamos dos nuevos registros de *E. oligostichus* para el estado de Sinaloa, así como información adicional sobre su distribución e historia natural. Nuestros nuevos registros fotográficos fueron agregados a la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles de la Universidad Nacional Autónoma de México. El primer registro fue el 26 de agosto de 2017 (IBH-RF 699, ♀, LHC-LT= 112-45 mm) en las coordenadas 24°23'57" N, 106°36'38" O; WGS 84; elev. 518 m. El segundo fue el 14 de septiembre 2017 (IBH-RF 670, ♀, LHC-LT= 283-81 mm)



Figure 1. (A) An individual of *Enulius oligostichus* (IBH-RF 699) from Mineral de Nuestra Señora, Cosala, Sinaloa, Mexico; and (B) the habitat of *E. oligostichus* characterized by tropical deciduous forest.

Figura 1. (A) Un individuo de *Enulius oligostichus* (IBH-RF 699) del Mineral de Nuestra Señora, municipio de Cosalá, Sinaloa, México; y (B) panorámica del hábitat caracterizado por bosque tropical caducifolio.

en las coordenadas 24°24'1" N, 106°36'41" O; WGS 84; elev. 511 m., verificados por Paulino Ponce. Ambos individuos fueron encontrados dentro de la Reserva Ecológica del Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria, municipio de Cosalá, Sinaloa. Suponemos que ambos especímenes son adultos (LT= 157 y 283 mm). Históricamente, estos registros representan apenas el segundo y tercero, después de 55 años, los cuales apoyan que *E. oligostichus* puede ser más común en Sinaloa. Así, estos registros aumentan su rango de distribución 50.7 km hacia el NNE de en el estado. En la tabla 1 y figura 2 mostramos los registros de distribución de *E. oligostichus*.

Ambas serpientes fueron encontradas activas entre las 21:00 y 21:30 h, a lo largo de un camino de tierra en un terreno inclinado (Fig. 1B), por tanto, podemos asumir hábitos nocturnos y terrestres. Se desconoce la dieta de esta especie, pero se informa que las hormigas y termitas predominan en las dietas de otras especies de *Enulius* (Köhler, 2003), aunque también hay evidencia de que estas serpientes se especializan en alimentarse de pequeños huevos de reptiles (Solórzano & Mora, 2017 y sus referencias). *Enulius oligostichus* ha sido registrada en elevaciones desde el nivel del mar hasta 1189 m (Tabla 1). Los nuevos registros se ubican dentro de la región fisiográfica Gran Meseta y Cañones Duranguenses, a diferencia de lo descrito por McDiarmid y Bezy (1971) donde lo ubican en la Llanura Costera del Pacífico.

La temperatura media anual de la región es de 23.7 ° C con 10 y 38.7 ° C como mínima y máxima general y la precipitación

media anual es de 923.5 mm. El hábitat se caracterizó por bosque tropical caducifolio, donde las principales plantas leñosas perennes son *Bursera* spp., *Ficus* sp., *Acacia* sp., *Ceiba*

Table 1. *Enulius oligostichus* localities, coordinates, elevation and source.

Tabla 1. Localidades de *Enulius oligostichus*, coordenadas, elevación y referencia.

Estado	Coordenadas	Elevación (m)	Referencia
Nayarit	21.7294° N, 105.2347° O	11	Smith et al., 1967
Nayarit	21.6904° N, 105.0502° O	246	McDiarmid & Bezy 1971
Nayarit	21.5283° N, 105.2328° O	3	McDiarmid & Bezy 1971
Sinaloa	23.9703° N, 106.7103° O	70	McDiarmid & Bezy 1971
Jalisco	20.7833° N, 103.3333° O	1189	Ponce-Campos 2003
Jalisco	19.4996° N, 105.0467° O	81	Reynoso et al., 2014
Sinaloa	24.3993° N, 106.6106° O	518	Este trabajo
Sinaloa	24.4004° N, 106.6114° O	511	Este trabajo

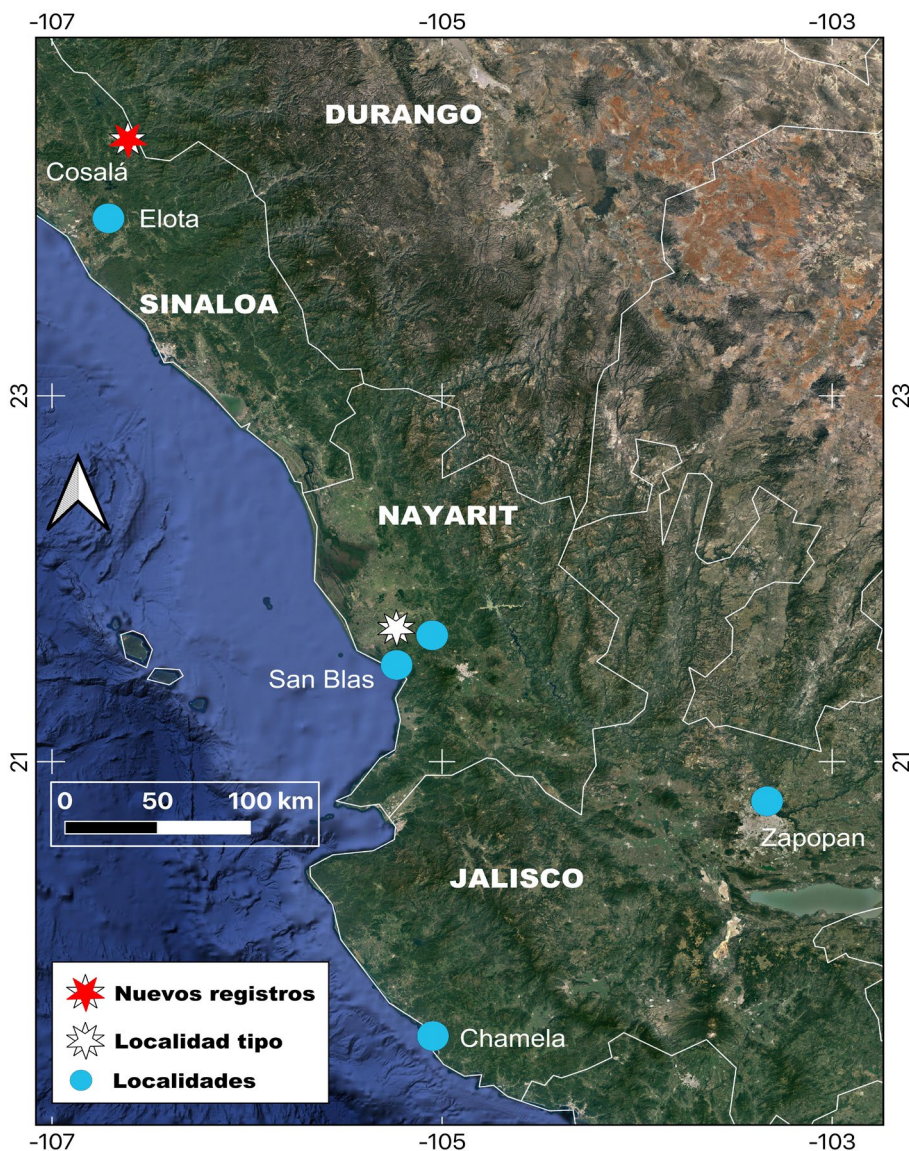


Figure 2. Occurrence records of *Enulius oligostichus*. Red star: new records. White star: type locality (Smith et al., 1967). Blue points: localities by McDiarmid and Bezy (1971), Ponce-Campos (2003), and Reynoso et al. (2014).

Figura 2. Registros de presencia de *Enulius oligostichus*. Estrella roja: nuevos registros. Estrella blanca: localidad tipo (Smith et al., 1967). Puntos azules: localidades por McDiarmid y Bezy (1971), Ponce-Campos (2003) y Reynoso et al. (2014).

sp., *Heamatoxylum brasiletto*, *Lysiloma divaricatum*, *Cedrela odorata*, *Gyrocarpus americanus*, entre muchas otras especies arbóreas; cactus importantes como *Pachycereus pecten-aboriginum*, *Pilosocereus purpusii* y *Opuntia karwinskiana*; y la capa sub-arbustiva está dominada por *Ambrosia* sp., *Senna* sp., *Ipomoea* spp. y *Pluchea salicifolia*. La herpetofauna que observamos alrededor de 2 km de los registros tenía una afinidad fuertemente tropical, por ejemplo, *Ctenosaura pectinata*, *Boa sigma*, *Aspidoscelis costatus*,

Anolis nebulosus, *Agkistrodon bilineatus*, *Heloderma horridum*, entre otros.

Finalmente, estos nuevos registros indican que se necesitan incrementar las búsquedas de esta especie en Jalisco (Cruz-Sáenz et al., 2017), Nayarit (Woolrich-Piña et al., 2016) y Sinaloa (Lavín et al., 2004; Lemos-Espinal & Smith, 2020) para un análisis detallado de su distribución. Debido a que Cosalá es un

municipio limítrofe de Durango, consideramos que es altamente probable que pueda distribuirse en ese estado.

Agradecimientos.– A Adriana González y Víctor Reynoso por catalogar las fotografías y a Paulino Ponce por verificar la especie. A José Alfredo Leal Orduño, coordinador de la reserva, por su interés, apoyo y facilidades proporcionadas. RAL-R agradece la beca posdoctoral latinoamericana Conicet-Argentina. Agradecemos a dos revisores anónimos por sus aportes.

LITERATURA CITADA

- Cruz-Sáenz, D., F.J. Muñoz-Nolasco, V. Mata-Silva, J.D. Johnson, E. García-Padilla & L.D. Wilson. 2017. The herpetofauna of Jalisco, Mexico: composition, distribution, and conservation. *Mesoamerican Herpetology* 4:23-118.
- Köhler, G. 2003. *Reptiles of Central America*. Herpeton Verlag.
- Lavín, M.P.A., F.O.M. Hinojosa & V.D. Lazcano. 2004. Anfibios y reptiles del estado de Sinaloa. Pp. 311-320. En Cifuentes Lemus J.L. & 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.
- McDiarmid, R.W. & R.L. Bezy. 1971. The colubrid snake *Enulius oligostichus* in western México. *Copeia* 1971:350-351.
- NOM-059-SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana. Diario Oficial de la Federación. Modificación del Anexo Normativo III, 13/08/2018, México.
- Ponce-Campos, P. 2003. *Enulius oligostichus* (Mexican long-tailed snake). *Herpetological Review* 34:169.
- Ponce-Campos, P., S.M. Huerta-Ortega, A. Heinze-Yothers & H.M. Smith. 2003. Range extensions and variational notes on some amphibians and reptiles of Jalisco and Michoacán, Mexico. *Bulletin of the Maryland Herpetological Society* 39:1-7.
- Ponce-Campos, P., D.R. Frost, G.A. Hammerson, H. Gadsden & L. Canseco-Márquez. 2007. *Enulius oligostichus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2007: e.T63776A12714983. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T63776A12714983.en>. Revisado 25 Octubre 2021.
- Reynoso, V.H., A.J. González Hernández & J.A. Cruz Silva. 2014. *Enulius oligostichus* (Mexican long-tailed snake). *Herpetological Review* 45:285.
- Smith, H.M., R.G. Arndt & W.C. Sherbrooke. 1967. A New snake of the genus *Enulius* from Mexico. *Chicago Academy of Sciences, Chicago*.
- Solórzano, A. & B. Mora. 2017. *Enulius flavitorques* (Cope, 1869). Feeding behavior. *Mesoamerican Herpetology* 4:428-431.
- Woolrich-Piña, G., P. Ponce-Campos, J. Loc-Barragán, J.P. Ramírez-Silva, V. Mata-Silva, J.D. Johnson, E. García-Padilla & L.D. Wilson. 2016. The herpetofauna of Nayarit, Mexico: composition, distribution, and conservation status. *Mesoamerican Herpetology* 3:376-448.



NUEVO REGISTRO DE *PSEUDOEURYCEA LINEOLA* EN UN ÁREA PROTEGIDA PERIURBANA Y CONFIRMACIÓN DE LA ESPECIE EN XALAPA, VERACRUZ, MÉXICO

NEW RECORD OF *PSEUDOEURYCEA LINEOLA* IN A PERIRUBAN PROTECTED AREA AND CONFIRMATION OF THE SPECIES IN XALAPA, VERACRUZ, MEXICO

ADRIANA SANDOVAL-COMTE¹*, FLOR GABRIELA VÁZQUEZ-CORZAS² & EDUARDO PINEDA¹

¹Red de Biología y Conservación de Vertebrados, Instituto de Ecología A.C. Carretera Antigua a Coatepec No. 351, Colonia El Haya, Xalapa, Veracruz, México. C.P. 91073

²Pronatura Veracruz, Ignacio Zaragoza #153, Colonia Centro, Coatepec, Veracruz, México.

*Correspondence: adriana.sandoval@inecol.mx

Received: 2021-12-17. Accepted: 2022-01-13. Published: 2022-02-10.

Editor: Sean Rovito, México.

Abstract.— In this note we report the first record of the Veracruz worm salamander *Pseudoeurycea lineola* in a protected area dominated by secondary forest, on the outskirts of the city of Xalapa, Veracruz. The record occurs more than a century after the only record of the species that has been reported in the municipality of Xalapa.

Keywords.— Amphibian, protected area, distribution, endangered species, endemic species, Plethodontidae, Veracruz Worm Salamander.

Resumen.— En esta nota informamos sobre el primer registro del tlaconete de cola larga *Pseudoeurycea lineola*, en un área protegida dominada por bosque secundario, en la periferia de la ciudad de Xalapa, Veracruz. El registro ocurre más de un siglo después del único registro que ha habido de la especie en el municipio de Xalapa.

Palabras clave.— Anfibio, área protegida, distribución, especie amenazada, especie endémica, Plethodontidae, salamandra lombriz veracruzana.

El tlaconete de cola larga o salamandra lombriz veracruzana, *Pseudoeurycea lineola* (Cope, 1865), es una salamandra pletodóntida de cuerpo notablemente delgado y alargado (hasta 128 mm de longitud total; AmphibiaWeb, 2021). Su llamativa apariencia vermiforme, se debe a que tiene un cuerpo conformado por 14 vertebras alargadas y extremidades cortas con dedos parcialmente libres y con una cola de casi el doble del tamaño del cuerpo (Tanner & Dundee, 2000; AmphibiaWeb, 2021).

Esta salamandra endémica a México, tiene una distribución de aproximadamente 2,200 km² y se restringe al sur de la Sierra Madre Oriental, en Veracruz, entre los 700 y los 1,350 m de elevación (IUCN, 2020; Cázares-Hernández et al., 2021; Vázquez-Cruz et al., 2021), así como un registro asignado tentativamente a esta especie en una localidad en la Sierra Negra de Puebla, en el Eje Neovolcánico Transversal, a los 1865 m s.n.m. (Canseco-Márquez et al., 2000).

La distribución de *P. lineola* abarca diferentes tipos de vegetación natural como el bosque mesófilo de montaña, el bosque de pino-encino y la selva mediana subperennifolia, así como algunos agroecosistemas como el cafetal bajo sombra (Raffaëlli, 2013; IUCN 2020). Aunque se considera que la especie no tolera sitios abiertos, debido a sus hábitos terrestres y nocturnos asociados a microhábitats húmedos como la hojarasca (IUCN, 2020), recientemente Vázquez-Cruz y Canseco-Márquez (2020) reportan a la especie en cultivos de palma camedor, platanares e incluso dos individuos bajo un tronco en un cultivo de maíz.

De acuerdo con los registros históricos, *P. lineola* era una especie abundante, sobre todo en Cuautlapan y alrededores (Cerón-De la Luz et al., 2016). Sin embargo, actualmente es poco común y difícil de encontrar (Raffaëlli, 2013; IUCN, 2020). Dada su baja abundancia actual, su distribución restringida, el

reducido número de poblaciones conocidas y la disminución en la extensión de su hábitat natural, *P. lineola* se encuentra incluida en la categoría En Peligro (Endangered) de la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés; IUCN, 2020) y en la categoría Sujeta a protección especial, de la Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2019).

En Veracruz, algunas de las localidades donde se ha registrado a *P. lineola* son Amatlán de los Reyes, Cuautlapan, Ixtaczoquitlán, Barranca de Metlac, Tezonapa, El Naranjal, Teocelo, Zongolica y Xalapa, todas ellas en la región montañosa del centro del estado (Cázares-Hernández et al., 2021; Pérez-Sato et al., 2018; Vásquez-Cruz & Canseco-Márquez, 2020; Vásquez-Cruz et al., 2021; Frost, 2021; <https://www.gbif.org>). En Xalapa, el único ejemplar registrado fue colectado el 6 de junio de 1906 y está depositado en el Museo de Zoología Comparada de la Universidad de Harvard (MCZ A-8381; <https://www.gbif.org>).

El 12 de enero del 2021 a las 20:22 h en el Santuario del Bosque de Niebla (SBN), Xalapa, Veracruz, México (19.513333° N, 96.940472° W; elev. 1100 m s.n.m.), un relicto periurbano de bosque secundario de bosque mesófilo de montaña, se encontró una hembra adulta con una longitud total de 90.7 mm (Longitud hocico cloaca = 47.6 mm y longitud de cola = 43.1 mm) y un peso de 0.65 g (Fig. 1A). Este individuo se encontraba perchedo sobre una hoja de orquídea terrestre a un costado de un arroyo (Fig. 1B); se capturó para tomar medidas morfológicas y fotografiarlo, y posteriormente fue liberado en el sitio exacto donde se encontró.

El SBN tiene una extensión de 29.5 hectáreas, se encuentra a cargo del Instituto de Ecología, A.C. y forma parte del Área Natural Protegida Francisco Javier Clavijero, un espacio protegido por el Gobierno del Estado de Veracruz desde 1975 (SEDEMA, 2020), ubicado al suroeste de la ciudad de Xalapa. La vegetación que predomina en este espacio, es vegetación secundaria con elementos del bosque mesófilo de montaña, como hayas (*Platanus mexicanus*), liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*), pipinque (*Carpinus caroliniana*), *Palicourea galeottiana* y helechos arborescentes (*Cyathea* spp.) (Halffter, 2020). Hasta ahora, se habían registrado 12 especies de anfibios en el SBN; nueve anuros y tres especies de caudados, estas últimas de la Familia Plethodontidae y pertenecientes a tres géneros distintos: la salamandra de cafetal (*Aquiloerycea cafetalera*), la salamandra de patas anchas (*Bolitoglossa platydactyla*) y la salamandra enana de la Sierra Madre Oriental (*Parvimolge townsendi*) (Pineda et al., 2020).

En cuanto a la conservación de *P. lineola*, pese a que la IUCN indica que la especie no está presente en ningún área protegida (IUCN, 2020), varios de los registros históricos se ubican dentro del Cañón Río Blanco, un Área Natural Protegida de carácter federal, y en Metlac-Río Blanco, un área protegida de injerencia estatal (García-Bañuelos et al., 2019), además de encontrarse en Playa La Junta, un área destinada voluntariamente a la conservación (Pérez-Sato et al., 2018) en el municipio de Amatlán de los Reyes y en el Sitio Ramsar Cascadas de Texolo y su entorno, en Teocelo. Con el registro de *P. lineola* en el SBN

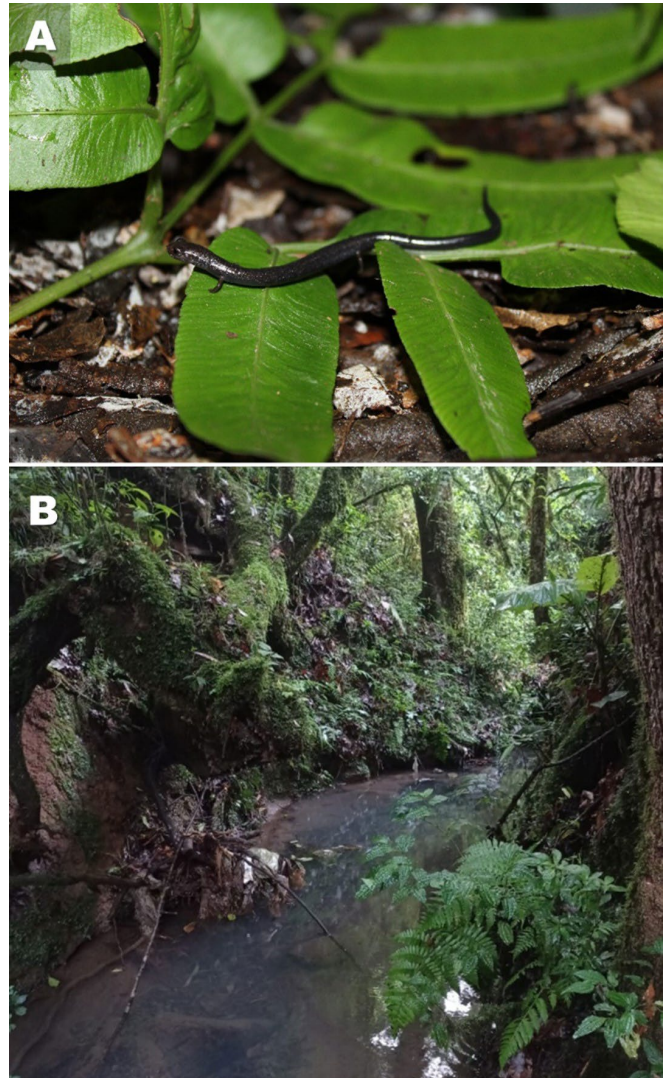


Figura 1. (A) Female observed of Veracruz worm salamander (*Pseudoeurycea lineola*). (B) Small temporal stream, microhabitat where the species was found. Photos: Adriana Sandoval-Comte.

Figura 1. (A) Hembra observada de Salamandra lombriz veracruzana (*Pseudoeurycea lineola*). (B) Pequeño arroyo de temporal, microhábitat donde se encontró a la especie. Fotos: Adriana Sandoval-Comte.

se suma un área protegida más a los espacios que podrían ayudar a conservar a la especie. Ahora, la riqueza de especies de anfibios del SBN asciende a 13, adicionando un género más a la lista (*Pseudoeurycea*) y dónde ahora habitan seis especies que son endémicas a México y más de la mitad se encuentran en alguna categoría alta de riesgo, tanto en la IUCN como en la NOM-059-Semarnat-2010 (Pineda et al., 2020). Sin embargo, a pesar de que el SBN es un área protegida a cargo de un centro de investigación y que se evita la destrucción del bosque, se han observado amenazas para los anfibios que ahí habitan, como la presencia del hongo quitridio *Batrachochytridium dendrobatidis* (Hernández-López, 2017) y casos de miasis letal ocasionada por larvas de mosca (Vázquez-Corzas et al., 2018), además de la presencia de perros y gatos ferales y de libre movimiento (González-Romero & Gallina-Tessaro, 2020), la contaminación de cuerpos de agua, así como, la constante presión de la mancha urbana, sobre todo por asentamientos irregulares que colindan con esta área protegida.

El hallazgo actual de *P. lineola* en esta área es sorpresiva y confirma la presencia de la especie en el municipio de Xalapa, ya que sucede a más de un siglo (115 años) del único ejemplar registrado, y porque esta región y sus alrededores han sido ampliamente muestreada por diversos autores en diferentes momentos (como Smith & Taylor 1950, 1966 en Ramírez-Bautista et al., 1993; Meza-Parral & Pineda, 2015; Juárez-Ramírez, 2019) y en particular en esta área protegida (Enríquez-Roa, 2006; Arenas-Cruz, 2014; Hernández-López, 2017; Vázquez-Corzas et al., 2018 y estudios aún no publicados), lo cual sugiere que es una especie muy rara en esta zona. La presencia de *P. lineola* en un espacio como el estudiado, confirma la importancia de los bosques secundarios para conservar especies de anfibios amenazados (Díaz-García et al., 2020) y destaca la relevancia de las áreas verdes urbanas y periurbanas como reservorios para la biodiversidad (MacGregor-Fors et al., 2016).

Agradecimientos.— Al INECOL por las facilidades y permisos para trabajar en el sitio. A Tonantzin Carmona y Carolina Madero Vega por su ayuda en campo.

LITERATURA CITADA

AmphibiaWeb. 2021. *Pseudoeurycea lineola*. <https://amphibiaweb.org>. [Consultado en Junio 2021]

Arenas-Cruz, M.A. 2014. Diversidad de anfibios en áreas verdes urbanas de Xalapa. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México.

Canseco-Márquez, L., G. Gutiérrez-Mayen & J. Salazar-Arenas. 2000. New records and range extensions for amphibians and reptiles from Puebla, Mexico. *Herpetological Review* 31:259-263.

Cázares-Hernández, E., E.C. Méndez-Quiahua, E. Molohua-Tzitzihua & V. Vásquez-Cruz. 2021. Tlaconetes. Los Hijos de la Tierra. Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Tepetitlanapa, Zongolica, Veracruz, México.

Cerón-De la Luz, N.M., J.A. Lemos-Espinal & G.R. Smith. 2016. A diversity and conservation inventory of the herpetofauna of the Cuautlapan Valley, Veracruz, Mexico. *Zootaxa*, 4205:127-142.

Díaz-García, J.M., F. López-Barrera, T. Toledo-Aceves, E. Andresen & E. Pineda. 2020. Does forest restoration assist the recovery of threatened species? A study of cloud forest amphibian communities. *Biological Conservation* 242 (108400):1-12.

Enríquez-Roa, J. 2006. Diversidad y distribución de anfibios y reptiles en el Parque Ecológico "Francisco Javier Clavijero", Xalapa, Veracruz, México. Tesis de licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, México.

Frost, D.R. 2021. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.1. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA. [Consultado en noviembre 2021].

García-Bañuelos, P., S.M. Rovito & E. Pineda. 2019. Representation of threatened biodiversity in protected areas and identification of complementary areas for their conservation: Plethodontid Salamanders in Mexico. *Tropical Conservation Science* 12:1-15.

González-Romero A. & S. Gallina-Tessaro. 2020. Mamíferos. Pp. 295-303. En Samain M.S. & G. Castillo-Campos (Eds.). Biodiversidad del Santuario del Bosque de Niebla, Xalapa, Veracruz. Instituto de Ecología, A.C., Veracruz, México.

Halfpeter, G. 2020. El Santuario del Bosque de Niebla: Una presentación. Pp. 17-34. En Samain M.S. & G. Castillo-Campos (Eds.). Biodiversidad del Santuario del Bosque de Niebla, Xalapa, Veracruz. Instituto de Ecología, A.C., Veracruz, México.

Hernández-López P. 2017. Prevalencia e intensidad de infección de *Batrachochytrium dendrobatidis* en dos especies de rana con historia natural diferente en un bosque de niebla en México. Tesis de maestría. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México.

- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2020. *Pseudoeurycea lineola*. In IUCN Red List of Threatened Species Versión 2021-3. <http://www.iucnredlist.org>. [Consultado en noviembre 2021].
- Juárez-Ramírez, M.C. 2019. Análisis de la diversidad y priorización para la conservación de anfibios en el centro de Veracruz. Tesis de Maestría, Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz.
- MacGregor-Fors, I., F. Escobar., R. Rueda-Hernández, S. Avendaño-Reyes, M.L. Baena, V.M. Bandala, S. Chacón-Zapata, A. Guillén-Servent, F. González-García, F. Lorea-Hernández, E.M. de Oca, L. Montoya, E. Pineda, L. Ramírez-Restrepo, E. Rivera-García, & E. Utrera-Barrillas. 2016. City "green" contributions: The role of urban greenspaces as reservoirs for biodiversity. *Forests* 7:1-14.
- Meza-Parral, Y. & E. Pineda. 2015. Amphibian diversity and threatened species in a severely transformed neotropical region in Mexico. *PLoS ONE* 10:e0121652.
- Pérez-Sato, J.A., N.M. Cerón-de la Luz, R. Serna-Lagunes, J.E. Rivera-Hernández, N. Mora-Collado & J. Salazar-Ortiz. 2018. Herpetofauna de tres localidades del municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. *Agroproductividad* 12:38-44.
- Pineda, E., A. Sandoval-Comte & J.L. Aguilar-López. 2020. Anfibios. Pp. 261-268. En Samain M.S. & G. Castillo-Campos (Eds.). *Biodiversidad del Santuario del Bosque de Niebla*, Xalapa, Veracruz. Instituto de Ecología, A.C., Veracruz, México.
- Raffaëlli, J. 2013. *Les Urodèles du Monde*. Deuxième Édition. Plumelec, France, Penclen.
- Ramírez-Bautista A., A. González-Romero & C.A. López-González. Pp. 165-185. En *Estudio preliminar de la herpetofauna del municipio de Xalapa*. En López-Moreno, I.R. (Ed.). *Ecología Urbana Aplicada a la Ciudad de Xalapa*. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México.
- SEDEMA. 2020. *Biodiversidad de Veracruz: Espacios Naturales Protegidos*. <http://siaversedema.org.mx/2020/08/28/areas-naturales-protegidas/>. [Consultada en diciembre de 2021].
- SEMARNAT. 2019. *Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*, publicado el 30 de diciembre de 2010. *Diario Oficial de la Federación*, 14 de noviembre de 2019. Cd. Mx., México.
- Tanner, W.W. & H.A. Dundee. 2000. *Lineatriton, Lineatriton lineolus*. *Catalogue of American Amphibians and Reptiles* 705:1-4.
- Vásquez-Cruz, V., & L. Canseco-Márquez. 2020. Anfibios y reptiles de la Colonia Agrícola Rincón de las Flores, Tezonapa, Veracruz, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 3:66-80.
- Vásquez-Cruz, V., E. Olivares-Blanco & A. Reynoso-Martínez. 2021. New municipality records of amphibians and reptiles from Las Altas Montañas region in central-west Veracruz, Mexico. *Herpetological Review* 52:90-93.
- Vásquez-Corzas, F.G., A. Sandoval-Comte, P. Hernández-López, S. Ibáñez-Bernal & E. Pineda. 2018. First records of parasitoidism by Sarcophagidae flies (Diptera) on three amphibian species in Mexico. *Journal of Natural History* 52:2339-2350.



FIRST VERIFIED RECORD OF *THAMNOPHIS VALIDUS* (SQUAMATA: NATRICIDAE) FROM OAXACA, MEXICO

PRIMER REGISTRO VERIFICADO DE *THAMNOPHIS VALIDUS* (SQUAMATA: NATRICIDAE) DE OAXACA, MÉXICO

RODRIGO ARRAZOLA-BOHÓRQUEZ¹ & RICARDO PALACIOS-AGUILAR^{2,3}

¹Universidad del Mar campus Huatulco, Carretera Federal Km 250, Bahías de Huatulco, CP 70989, Santa María Huatulco, Oaxaca, México.

²Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera", Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México A.P. 70-399, México D.F. CP 04510, México.

³Instituto para el Manejo y Conservación de la Biodiversidad A. C. Calle Durango 23, Colonia José Vasconcelos, C. P. 39047, Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México.

*Correspondence: ricardopalaciosaguilar@gmail.com

Received: 2021-12-23. Accepted: 2022-01-30. Published: 2022-02-10

Editor: César Antonio Ríos-Muñoz, México.

The West Coast Garter Snake (*Thamnophis validus*) is a Mexican endemic, semi-aquatic snake that is distributed along the Pacific coastal plains from Chihuahua and Sonora to Guerrero, with an isolated population in the Cape region of Baja California Sur (Conant, 1969; Rossman et al., 1996; Lemos-Espinal et al., 2002; Heimes, 2016). A total of four subspecies have been historically recognized within this taxon, which are mainly diagnosed on the basis of dorsal coloration pattern. These populations include *T. v. valida*, found from the Rio Yaqui southwards to the Marismas Nacionales in Nayarit; *T. v. isabellae*, recognized from Jalisco to Guerrero; *T. v. thamnophisoides* from the uplands surrounding Tepic, Nayarit; and the isolated population in Baja California Sur

known as *T. v. celaeno*. However, broad zones of intergradation between these populations have been identified (Conant, 1969; Rossman et al., 1996). *Thamnophis validus* inhabits floodplains at the mouths of rivers that flow into the Pacific, as well as attenuated lagoons along the coastline (Rossman et al., 1996). According to Conant (1969) this species likely inhabits every permanent body of freshwater along the coastal plain and occasionally enters the zones of brackish water, at least seasonally. Herein, we provide the first verified record of the species for the state of Oaxaca, Mexico, and the southernmost record for the species. An adult specimen of *Thamnophis validus* (Fig. 1) was salvaged after being killed by tourists near the lagoon of La Ventanilla, Santa María



Figura 1. Ejemplar adulto de *Thamnophis validus* (UTADC 9740) de La Ventanilla, Santa María Tonameca, Oaxaca, México.

Figure 1. Adult specimen of *Thamnophis validus* (UTADC 9740) from La Ventanilla, Santa María Tonameca, Oaxaca, Mexico.

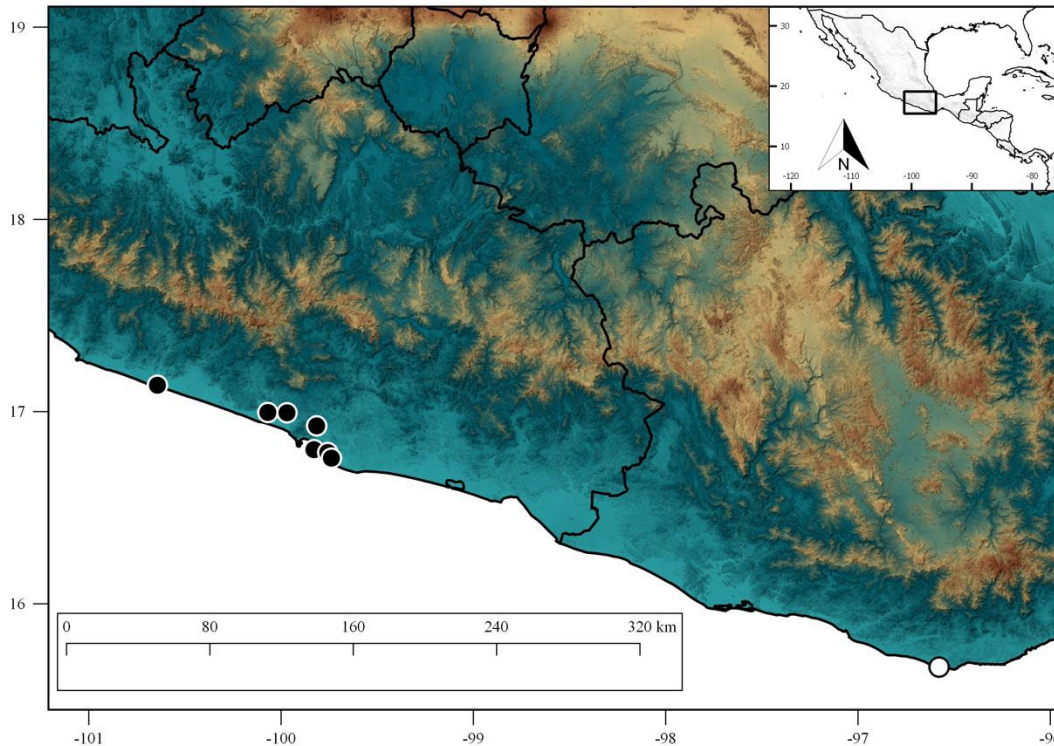


Figura 2. Distribución de *Thamnophis validus* en la parte sur de su área de distribución. Los símbolos negros corresponden a registros anteriores y el símbolo blanco al nuevo registro reportado aquí. Consulte el Apéndice 1 para obtener información sobre las localidades trazadas en el mapa.

Figure 2. Distribution of *Thamnophis validus* at the southern portion of its range. Black symbols correspond to previous records and the white symbol to the new record reported herein. See Appendix 1 for information regarding the localities plotted on the map.

Tonameca, Oaxaca, Mexico (15.6711° N, 96.5788° W, WGS84) on 13 December 2019, ca. at 10 h. The lagoon is a natural fresh water body of about 3.2 km in length, parallel to the coast and surrounded by mangrove and tropical deciduous forest. The specimen was held by the members of the local cooperative, stored in alcohol and used for educational talks. We were unable to measure the specimen or take scale counts due to the lack of appropriate equipment. We deposited a digital photograph of this specimen in The University of Texas at Arlington, Collection of Vertebrates Digital Collection (UTADC 9740). The specimen identification was corroborated by Rufino Santos Bibiano. This specimen represents the first verified record of the species in the state of Oaxaca, extending its known distribution ca. 360 km ESE from the closest published records near Acapulco City airport, Guerrero (Conant, 1969; Fig. 2; Appendix 1), at the southern margins of Laguna de Tres Palos. The occurrence of this species in the state had been considered as plausible by Mata-Silva et al. (2021) on the basis of “unpublished observations in the southwestern section of the Pacific Coastal Plains (= PCP) physiographic region, in the Costa Chica.” It is very likely that the species is widely distributed along the many coastal lagoons present in the PCP between Guerrero and Oaxaca as inferred from the habitat characterization in Conant (1969).

Few herpetological reports have been made on specimens obtained in PCP between Acapulco, Guerrero and the Isthmus of Tehuantepec in Oaxaca. Among those that discussed on material obtained in this region are Holman (1964), Liner and Dundee (1969), scattered recollections product of the partially published undergraduate thesis of Saldaña de La Riva and Pérez Ramos (1987), and a book regarding the snake fauna of southern Oaxaca published by Schätti and Stutz (2016). However, in recent decades some rare or poorly known snake species have been reported along PCP, such as *Tantilla sertula* (Canseco-Márquez et al., 2007, Rocha et al., 2016), *Leptodeira uribei* (Siria-Hernández et al., 2006), and *Tropidodipsas sartorii* (Blancas-Hernández et al., 2019), sometimes hundreds of kilometers from their type localities or their formerly restricted ranges. Evidence of these new records, as well as the one reported herein, apparently suggest that PCP acts as a corridor to the fauna distributed therein (as proposed by Flores-Villela & Goyenechea, 2001). Consequently, increasing sampling in the least explored regions may reveal new populations of poorly known taxa or even undescribed species given the high endemism level of the province (Johnson et al., 2017)

Acknowledgements.— We thank Gregory G. Pandelis for providing the UTADC catalog accession number, and Rufino Santos Bibiano for confirming the species identity. Vicente Mata Silva and another anonymous reviewer provided helpful suggestions that improved the quality of this contribution.

SUPPLEMENTARY INFORMATION

Appendix I. Localities plotted in Figure 2. All localities within Mexico, acronyms used correspond to American Museum of Natural History (AMNH), Colección Nacional de Anfibios y Reptiles, UNAM (CNAR), Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera”, Facultad de Ciencias, UNAM (MZFC), Museum of Vertebrate Zoology, Berkeley (MVZ), University of Illinois, Museum of Natural History (UIMNH), University of Michigan, Museum of Zoology (UMMZ), and UTADC (see text).

OAXACA: La Ventanilla, Santa María Tonameca, 15.6711° N, 96.5788° W (UTADC 9740). GUERRERO: El Limoncito, 16.92591° N, 99.81512° W (UIMNH 18659); Pantano cercano a Puerto Marqués, 16.80222° N, 99.82928° W (CNAR 2233); Viveros El Huayacan, La Poza, 16.7875° N, 99.7575° W (CNAR 2977); Near Acapulco airport 16.75793° N, 99.73839° W (MVZ 78753); 7 miles east Coyuca de Benitez, 16.99556° N, 100.06895° W (UMMZ 1194201); Pie de la Cuesta, Laguna Coyuca, 16.993989° N, 99.969395° W (AMNH 73171); Tecpan de Galeana, Playa Boca Bonita, 17.13725° N, 100.64306° W (MZFC 23882).

CITED LITERATURE

Blancas-Hernández, J.C., R. Palacios-Aguilar & R. Santos-Bibiano. 2019. *Tropidodipsas sartorii* (Squamata: Dipsadidae), an addition to the snake fauna of Guerrero, Mexico. *Herpetozoa* 32:91-93.

Canseco-Márquez, L., E.N. Smith, P. Ponce-Campos, O. Flores-Villela, & J.A. Campbell. 2007. A new species of *Tantilla* (Squamata: Colubridae) of the *calamarina* group from Volcán Ceboruco, Nayarit, Mexico. *Journal of Herpetology* 41:220-224.

Conant, R. 1969. A review of the water snakes of the genus *Natrix* in Mexico. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 142:1-140 + 22 plates.

Flores-Villela, O. & I. Goyenechea. 2001. A comparison of hypotheses of historical area relationships for Mexico and Central America, or in search for the lost pattern. Pp. 171-181. En: J. Johnson, R.G. Webb, & O. Flores-Villela (Eds.). *Mesoamerican Herpetology: Systematics, Zoogeography, and Conservation*. Centennial

Museum, Special Publication, University of Texas, El Paso, Texas, USA.

Heimes, P. 2016. *Herpetofauna Mexicana Vol. 1: Snakes of Mexico*. Chimaira, Frankfurt, Germany.

Holman, J.A. 1964. New and interesting amphibians and reptiles from Guerrero, and Oaxaca, Mexico. *Herpetologica* 20:48-54.

Johnson, J.D., L.D. Wilson, V. Mata-Silva, E. García-Padilla & D.L. DeSantis. 2017. The endemic herpetofauna of Mexico: organisms of global significance in severe peril. *Mesoamerican Herpetology* 4:544-620.

Lemos-Espinal, J.A., D.L. Auth, D. Chiszar & H.M. Smith. 2002. Geographic distribution: *Thamnophis validus* (Pacific Gartersnake). *Herpetological Review* 33:325-326.

Liner, E.A. & H.A. Dundee. 1969. Notes on the reptiles and amphibians of southern Guerrero and Oaxaca, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 14:129-134.

Mata-Silva, V., E. García-Padilla, A. Rocha, D.L. DeSantis, J.D. Johnson, A. Ramírez-Bautista & L.D. Wilson. 2021. A reexamination of the herpetofauna of Oaxaca, Mexico: composition update, physiographic distribution, and conservation commentary. *Zootaxa* 4996:201-252.

Rocha, A., V. Mata-Silva, E. García-Padilla, D.L. DeSantis & L.D. Wilson. 2016. Third known specimen and first locality record in Oaxaca, Mexico, for *Tantilla sertula* Wilson and Campbell, 2000 (Squamata: Colubridae). *Mesoamerican Herpetology* 3:771-774.

Rossman, D. A., N.B. Ford & R.A. Seigel. 1996. *The Garter Snakes: Evolution and Ecology*. University of Oklahoma Press, Norman, Oklahoma, USA.

Saldaña De La Riva, L. & E. Pérez Ramos, E. 1987. *Herpetofauna del estado de Guerrero, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Schätti, B.A. & Stutz. 2016. A short account of the snakes of Southern Oaxaca, Mexico. Published by the authors. Oaxaca de Juárez, México.

Siria-Hernández, C., R. García-Collazo, C. Chávez Tapia & F. Mallory. 2006. *Pseudoleptodeira uribei* (Ramírez y Smith, 1992): Adición a la ofidiofauna de Oaxaca, México. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana* 13:25-26.



NOTES ON GEOGRAPHIC DISTRIBUTION, ADVERTISEMENT CALL AND HABITAT OF THE STARRETT'S TREE FROG *ISTHMOHYLA TICA* (HYLIDAE) IN THE ZONA DE LOS SANTOS, COSTA RICA

NOTAS DE DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA, LLAMADO DE ANUNCIO Y HÁBITAT DE LA RANA ARBÓREA DE STARRETT *ISTHMOHYLA TICA* (HYLIDAE) EN LA ZONA DE LOS SANTOS, COSTA RICA

ESTEBAN HIDALGO-MORA¹, JONATHAN NAVARRO-PICADO² & JUAN G. ABARCA^{3*}

¹Laboratorio de Ecología Funcional y Ecosistemas Tropicales, Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

²Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

³Laboratorio de Recursos Naturales y Vida Silvestre, Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

*Correspondence: barcazajuan@gmail.com

Received: 2021-10-13. Accepted: 2021-12-02. Published: 2022-02-17.

Editor: Adriana Manzano, Argentina.

Resumen.— Las ranas centroamericanas del género *Isthmohyla* han sufrido un declive dramático en las tierras altas. Muchas especies de este género se consideran en peligro crítico, incluida *Isthmohyla tica*, una especie endémica de Costa Rica y Panamá. Encontramos una población de *I. tica* dentro de ecosistemas agrícolas cafetaleros en Tarrazú, San José, Costa Rica y describimos nuevos tipos de cantos en esta especie. El descubrimiento de esta población representa los registros más recientes en la Zona de Los Santos desde el último informe en 1963; hasta ahora, solo se conocían poblaciones estables en el Bosque Eterno de los Niños, Monteverde. La presencia de esta especie en peligro de extinción, junto con otros anfibios amenazados, refleja la importancia de comprender mejor su presencia en estos agroecosistemas y asegurar la conservación de parches boscosos dentro de los cafetales.

Palabras clave.— Agroecosistemas, anfibios, canto, conservación, *Isthmohyla*, redescubrimiento.

Abstract.— Central American hylids frogs of the genus *Isthmohyla* have suffered dramatic decline in highlands. Many species of this genus are considered critically endangered, including *Isthmohyla tica*, an endemic species of Costa Rica and Panama. We found a population of *I. tica* inside agricultural coffee ecosystems in Tarrazú, San José, Costa Rica and we describe new advertisement calls of this species. The discovery of this population represents the most recent records in the Zona de Los Santos since the last record in 1963; until now, only stable populations were known in the Children's Eternal Rainforest, Monteverde. The presence of this endangered species, among with other threatened amphibians, reflects the importance of better understanding their presence in these agro-ecosystems and ensuring the conservation of forest patches inside coffee plantations.

Keywords.— Advertisement call, agro-ecosystems, amphibians, conservation, *Isthmohyla*, rediscovery.

In the family Hylidae, the genus *Isthmohyla* comprises 14 species endemic to rainforests of Central America (Chaves-Acuña et al., 2020). *Isthmohyla tica* was described as *Hyla tica* by Andrew and Priscilla Starred and Thomas Uzzell in 1966 in a stream near Turrialba Volcano, Cartago, Costa Rica (Duellman, 1970). In general, *I. tica* prefers cloud forest habitats and is common to find them on vegetation at the edges of the streams. Also, males can be found calling from rocks, bushes and trees near the stream (Savage, 2002). The species have been found at elevations from 836 to 1920 meters in Central and Talamanca Cordilleras in

Costa Rica and Western Panamá (Duellman, 1970). Last time the species was officially reported in the Zona de Los Santos region it was found at Tarrazú river 1 km South of San Cristobal Sur in 1963 (Duellman, 1970; GBIF, 2021).

Isthmohyla tica the same as the whole group of hylids present in highlands has been affected by many environmental changes and anthropogenic pressures that cause dramatic decline (Lips et al., 2003). At the beginning of the 80's, herpetologists started to recognize an amphibian decline attributed to habitat

destruction and pesticide pollution among the principal causes, but between 1987 and 1988 some species showed a decline even in protected areas around the world (Savage, 2002; Whitfield et al., 2007). Costa Rica was not the exception of this pattern of decline (Savage, 2002). This situation is reflected in the unstable populations of most of the highlands hylid frogs (García-Rodríguez et al., 2012) and the fact that the Starrett's Treefrog has critically endangered (CR) status according to the IUCN red list (IUCN, 2020).

In recent years, some populations of these threatened species, specifically in the genus *Isthmohyla*, have been reported in some locations (Nishida, 2006; Olsen & Cossel, 2014; Jiménez et al., 2019; Chaves-Acuña et al., 2020). Reports of any threatened species are very important to ensure their conservation. We report recent observations of habitat, advertisement call variation and distribution of *I. tica* in the Zona de Los Santos, Costa Rica.

Records

During a monitoring of amphibians and reptiles diversity made on 8 September 2021 at the agricultural ecosystems of Tarrazú, San José, Costa Rica (SINAC-ACC-PI-re-018-2021), we found a gravid adult female of *I. tica* at 19:25 h. The individual was detected on a plant of the cucurbit family at 50 cm above the ground next to a stream in a coffee plantation in San Lorenzo district (9.62° N, 84.04° W; elev. 1,380 m a.s.l.), specifically in a town called Santa Marta. The frog was still and perched on the leaf. We took several photographs where some characteristics such as color of the thighs, size of the tympanum, dorsal coloration and presence of eggs were made evident (Fig. 1A). Climatic conditions during our sampling were rainy (large drops but not intensely). During the afternoon of that same day and prior to the sampling, it had rained heavily.

We had another sighting a day later at another site located 3 km northeast of the place of the first observation. The place is known as La Libia (9.63° N, 84.02° W; elev. 1,501 m a.s.l.) belonging to the district of San Lorenzo which in turn belongs to the canton of Tarrazú as mentioned above. At 18:15 h on 9 September 2021, we were monitoring another little creek adjacent to a coffee plantation (SINAC-ACC-PI-re-060-2021). We found another gravid adult female of *I. tica* on a naturalized exotic grass called *Coix lacryma-jobi*, popularly known in Costa Rica as “lágrimas de San Pedro”. The plant was located right next to the streamlet. The frog was one meter above the ground. Evidence through photography was taken in order to register some characteristics such as color of the thighs, web foot, tympanum size, dorsal coloration and presence of eggs. The presence of eggs in this

individual was not so noticeable (Fig. 1B). Weather conditions while searching for frogs and hours before were very similar to those present the previous day.

Additionally, we obtained three more records in La Libia on September 18 of the same year. On this occasion, we sampled from 18:00 h to 20:00 h. We spotted three males by their calls; once we managed to direct our attention in the direction from which the call was coming, we looked harder in the plants and in the soil. The first individual was found calling on the vegetation, about 15 cm above the stream (Fig. 1C). The second was on vegetation about 50 cm above the ground. The third one was seen calling on some semi-dry branches that lay in the middle of the creek. The branches were just above a fast-flowing current and the individual was one meter above the ground. The first individual found was captured and taken to the place where we stayed in order to take pictures and some measurements.

All individuals were identified as *Isthmohyla tica* based on dorsal pattern coloration of mottled green and brown dorsally with distinct brown transverse bands on the limbs; rounded snout profile, moderate sized tympanum (height one-half diameter of eye); posterior and inferior surfaces of thighs orange brown; and venter dull white without black spots (Duellman, 1970; Savage, 2002; Leenders, 2016; Cossel & Kubicki, 2019). Also, the identity of the species was confirmed by Mark Wainwright. Contrary to what is reported in the literature, we found a lot of variation in skin texture, the first impressions of males did not seem to have tuberculated skin, however a change in skin texture towards a more tuberculated pattern was also observed, in accordance with what was indicated in the literature (Duellman, 1970; Savage, 2002; Leenders, 2016; Cossel & Kubicki, 2019) (Fig. 1D). We think that like other species, amphibians may have slight variations in skin texture and may not always be a diagnostic aspect for identification in the field (Guayasamin et al., 2015).

Before observing the males, we reproduce calls of *Isthmohyla tica* and *I. rivularis* included in the Cossel & Kubicki (2019) guide. Surprisingly, the males of *I. tica* present in La Libia responded only to the song of *I. rivularis*. We also proceeded to record the song of *I. tica* once the males gave their response.

Call analysis

Advertisement calls of three uncollected males of the *Isthmohyla tica* from La Libia were recorded in the sampling site during September, 2021. Calls were recorded using a digital camera Canon PowerShot SX740 HS. The digital recorders were positioned 30 cm to 50 cm from each male. Recordings were converted to WAV format for the analysis and are housed in

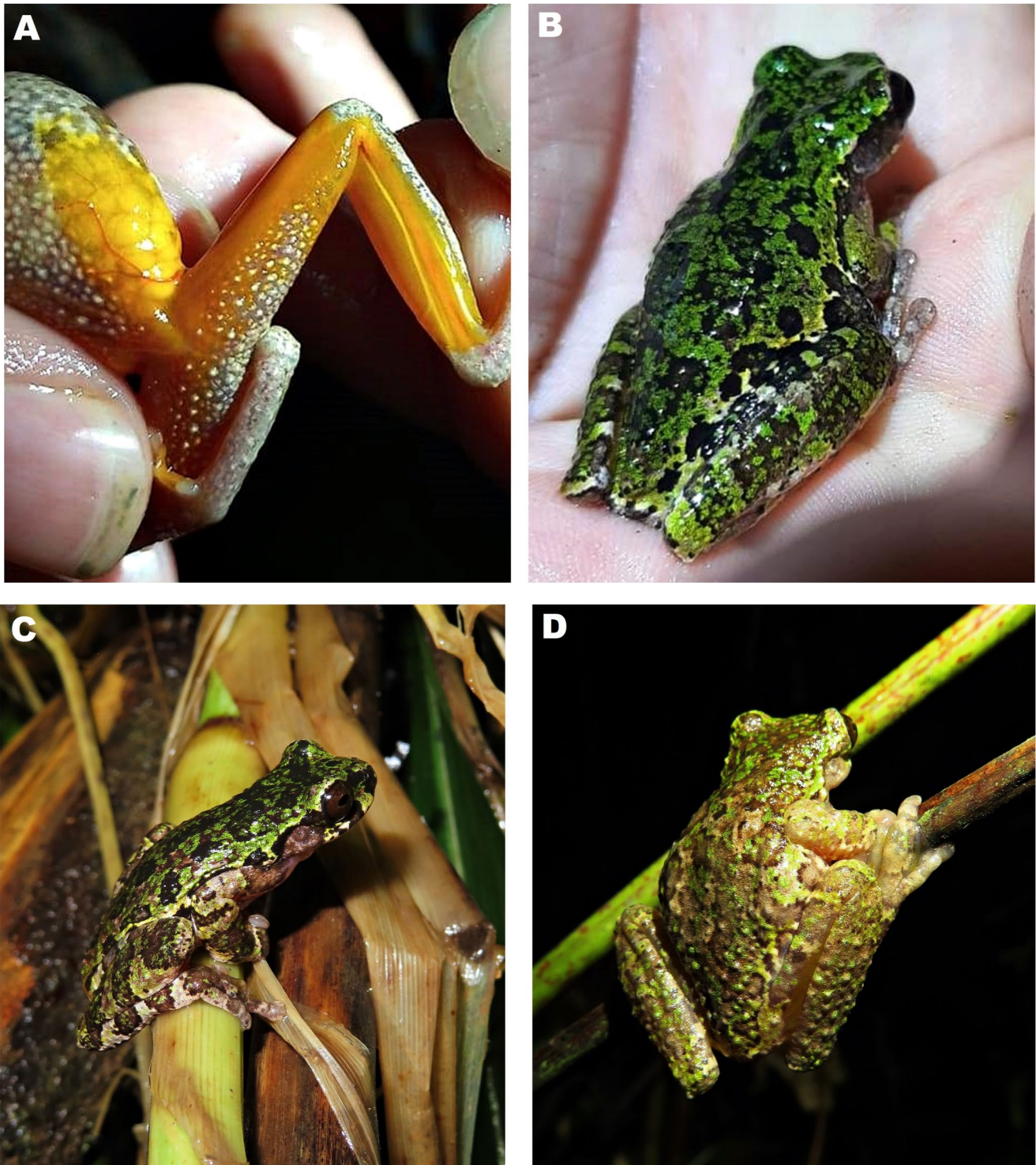


Figura 1. A) Hembra adulta de *Isthmohyla tica* con presencia de huevos de Santa Marta. B) Hembra adulta de *I. tica* de La Libia. C) Macho adulto de *I. tica* sobre la vegetación en el riachuelo de La Libia. La textura de la piel era ligeramente tuberculada. D) Macho adulto de *I. tica* sobre la vegetación junto al arroyo de La Libia. Nótese lo tuberculado en la parte posterior de este espécimen.

Figure 1. A) Adult female of *Isthmohyla tica* with presence of eggs from Santa Marta. B) Adult female of *I. tica* from La Libia. C) Adult male of *I. tica* on the vegetation above the small stream from La Libia. The skin texture was slightly tuberculata. D) Adult male of *I. tica* on the vegetation next to the stream from La Libia. Note the tuberculata on the back in this specimen.

the bioacoustic repository of FonoZoo (FZ-SOUND-CODE: 12988-12989). Advertisement call parameters were measured in RAVEN 1.4 (Bioacoustics Research Program, 2015). Raven parameters were set as follows: Hann window type, window size of 1024 samples, 3 dB filter bandwidth of 61.9 Hz, time grid 90% overlap, time grid size of 102 samples, 43.1 Hz frequency grid spacing. To avoid the overlap with background noise of the river and for the graphic representation of the advertisement call we delete frequency below fundamental frequency using the Filter out active selection tool in RAVEN 1.4. The following temporal and spectral parameters were inferred: number of notes, fundamental and dominant frequency (measured through the function Peak Frequency), call duration, note duration, note period, inter-note interval and pulses per note. Terminology of call measurements follows Kok & Kalamandeen (2008).

The first call recorded from *Isthmohyla tica* from La Libia (Call 1) is composed by a series of “chips” notes similar to a cricket (Fig. 2, Table 1). A call group consists of 9 to 224 notes ($n = 8$) of variable duration: 2 to 51 seconds (s) in the records, and is repeated at intervals of about 10 to 60 s ($n = 8$). Each note of amplitude-unmodulated contains a single pulse, has duration of 0.033 to 0.060 s ($n = 40$, average = 0.045 s), and with a note period of 0.218 to 0.378 s ($n = 40$, average = 0.239) and inter-note intervals of 0.176 to 0.331 s. ($n = 40$, average = 0.194); average note repetition rate is 4.1 notes/s. This call has a dominant frequency of 4.6-4.8 kHz ($n = 8$, average = 4.7). No harmonics were detected. A video of this recording call can be seen at: <https://youtu.be/HuGCqKEyNtA>. Calls were heard throughout the night from 17:00 to 03:00 h.

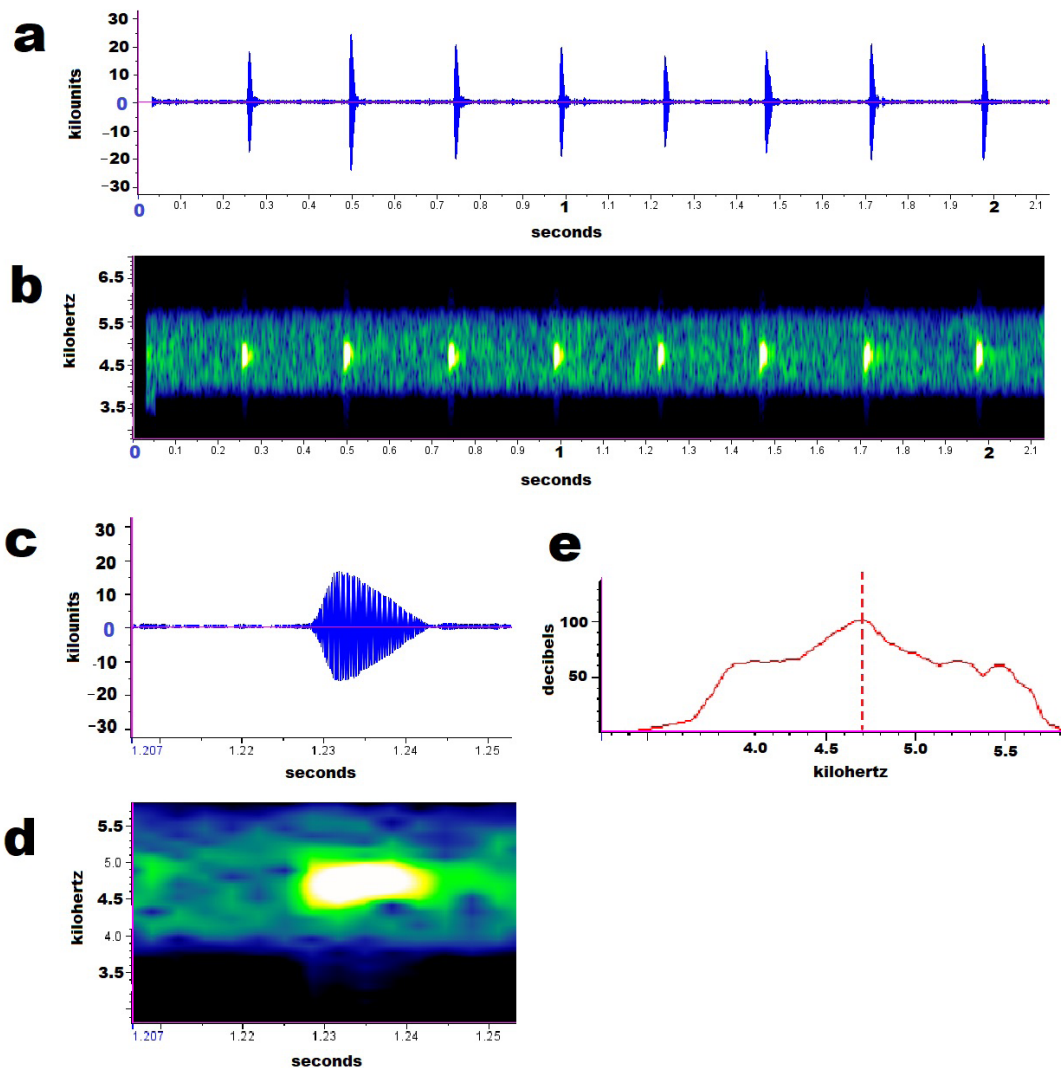


Figura 2. *Isthmohyla tica* Canto 1. De La Libia: (a-b) oscilograma y espectrograma con 8 notas (c-d) oscilograma y espectrograma de una sola nota (e) espectro de potencia de 8 notas. La línea roja punteada indica la frecuencia dominante.

Figure 2. *Isthmohyla tica* Call 1. From La Libia: (a-b) oscillogram and spectrogram with 8 notes (c-d) oscillogram and spectrogram of a single note (e) power spectrum of 8 notes. Dotted red line indicates the dominant frequency.



Tabla 1. Características de los cantos de *I. tica* e *I. rivularis*, con los promedios en paréntesis. *Obtenido de Duellman, 1970.

Table 1. Characteristics of calls of *I. tica* and *I. rivularis*, with means in parentheses. *From Duellman, 1970.

Specie	n	Call type	Notes per call group	Duration call group (s)	Pulses per call	Dominant frequency (kHz)	Emphasized harmonics (kHz)
<i>Isthmohyla tica</i>	8	1	9.0 - 224 (82.00)	2.2 - 51 (19.19)	1	4.688 - 4.867 (4764)	no
<i>Isthmohyla tica</i>	2	2	20-23 (21.5)	0.013 - 0.020	1	1.839 - 1.862 (1850)	3.723 - 3.740 (3731)
<i>Isthmohyla tica</i> *	5	3	3 - 5	0.38 - 0.60	2 - 4	1.980 - 2.300	4.420 - 4.840
<i>Isthmohyla rivularis</i> *	7	-	12-137	5 - 66	3	2.160 - 2.880	no

A second call (Call 2) taken from La Libia is a distress call composed by a one note “chip”, emitted at irregular intervals. Each note of amplitud-unmodulated contains a single pulse, and has duration of 0.016 to 0.037 s (n = 9, average = 0.022). The dominant frequency is 1.839 – 1.862 kHz (n = 2, average: 1850 kHz) with one harmonic in 3.723 – 3.740 KHz (n = 2, average = 3.731 kHz) (Fig. 3). This call was observed when the individual was held by the researcher and when it was temporarily collected for taking pictures.

There is a third call for *I. tica* (Call 3), that was historically reported as a series of three to five crickets like “chirps”, with

intervals of 1.5 s. whit 2 to 4 pulses, with two emphasized frequencies at about 2.2 and 4.7 kHz (Duellman, 1970; Savage, 2002). We never heard this call or similar in the La Libia population. Calls from Monteverde reported by Cossel & Kubicki (2019) and provided by Mark Wainwright correspond to what was previously reported by Duellman (1970) and Savage (2002) for *I. tica* (Table 1).

The *I. tica* Call 1 heard in La Libia is more similar to the call reported for *I. rivularis*. Therefore, we also compared the call of *I. rivularis* published on Amphibia-web (2021), with *I. tica* Call 1; in table 1 and figure 4 the most evident differences are observed.

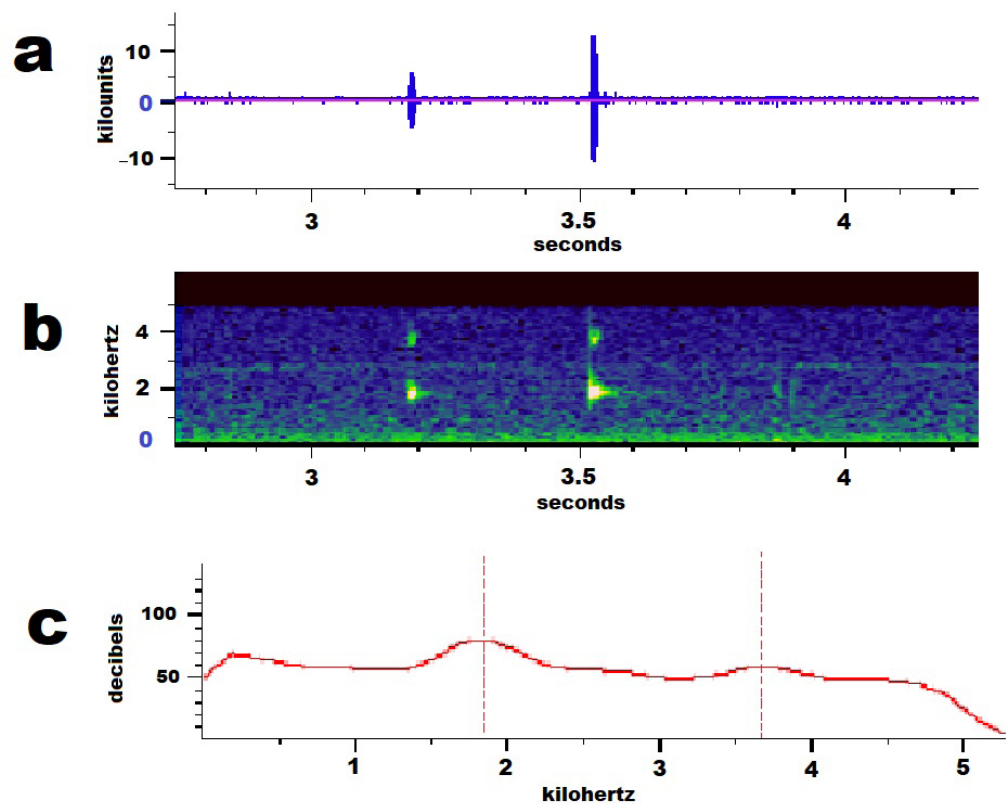


Figura 3. *Isthmohyla tica* Canto 2. De La Libia: (a) oscilograma (b) espectrograma y (c) espectro de potencia de 2 notas no pulsadas. La línea roja punteada indica la frecuencia dominante y el armónico.

Figure 3. *Isthmohyla tica* Call 2. From La Libia: (a) oscillogram (b) spectrogram and (c) power spectrum of 2 unpulsed notes. Dotted red line indicates the dominant frequency and harmonic.



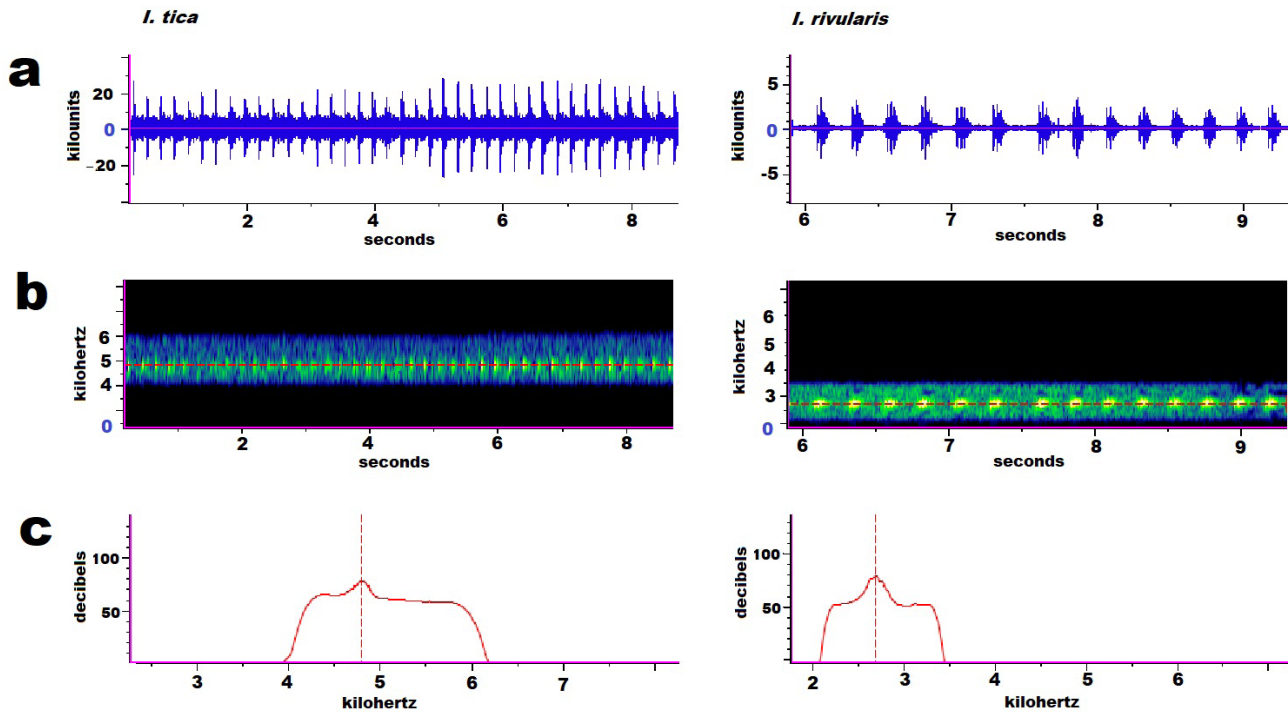


Figura 4. Comparación del Canto 1 de *Isthmohyla tica* de La Libia (panel izquierdo) e *I. rivularis* (panel derecho). Oscilograma, espectrograma y espectro de potencia de varias notas de llamada. La línea roja punteada indica la frecuencia dominante. Nótese la frecuencia dominante más baja y las notas pulsadas en *I. rivularis*.

Figure 4. Comparison of *Isthmohyla tica* Call 1 from La Libia (left panels) and *I. rivularis* (right panels). Oscillogram, spectrogram and power spectrum of several call notes. Dotted red line indicates the dominant frequency. Note lower dominant frequency and pulsed notes in *I. rivularis*.

Although both calls are a series of continuous “chirps” and sustained for several seconds, even minutes, the call of *I. rivularis* has a lower dominant frequency (1.98 to 2.30 kHz, Duellman, 1970) and each note of its call has three clear pulses with duration from 0.080 to 0.144 s. Although the note period is similar in both calls, both the length of the note and the interval between notes are different in the two calls. The lower dominant frequency and the presence of three pulses in the note differentiate the song of *I. rivularis* from the *I. tica* Call 1 described in this report.

Taking into account that in other species there may be considerable variation in call types, including variations in *I. rivularis* (Mark Wainwright *com. pers.*), it was expected that *I. tica* also had variations in call repertoire. It is not clear why they exhibit these variations, or when they use one or another type of calls; more research is needed to clarify this aspect. In terms of conservation, it is important to recognize such variations in calls in the field, since threatened populations may pass undetected, which would otherwise serve to justify the application of conservation strategies in these areas.

Distribution and presence in coffee plantations

Isthmohyla tica has been observed in the Premontane Wet Forest and Lower Montane forest, and marginally to Rainforest from 836 to 1920 m a.s.l. (Duellman, 1970; Savage, 2002). The species has been reported in different locations in the Tilarán, Central and Talamanca mountain ranges in Costa Rica, and in Chiriquí western of Panama (Savage, 2002). This species was widely distributed in the mountainous regions of the country, and was even considered relatively common in known sites (Savage, 2002). But at some point it was no longer observed and it is believed that it suffered a dramatic population decline, being the year 1996 the last observation of this species in the country (García-Rodríguez et al., 2012). It was even considered as possibly extinct in 2007 (Leenders, 2016). In 2010, several reports occurred in Panama (Hertz et al., 2012) and Monteverde (Leenders, 2016). In 2010 and 2012 *I. tica* was recorded in Children's Eternal RainForest (IUCN, 2020). Another single individual was spotted in Tapanti National Park in 2012 (Abarca, 2016). Until now, only stable populations were known in the sector known as Chutas of the Children's Eternal Rainforest (Luis Solano *com. pers.*)

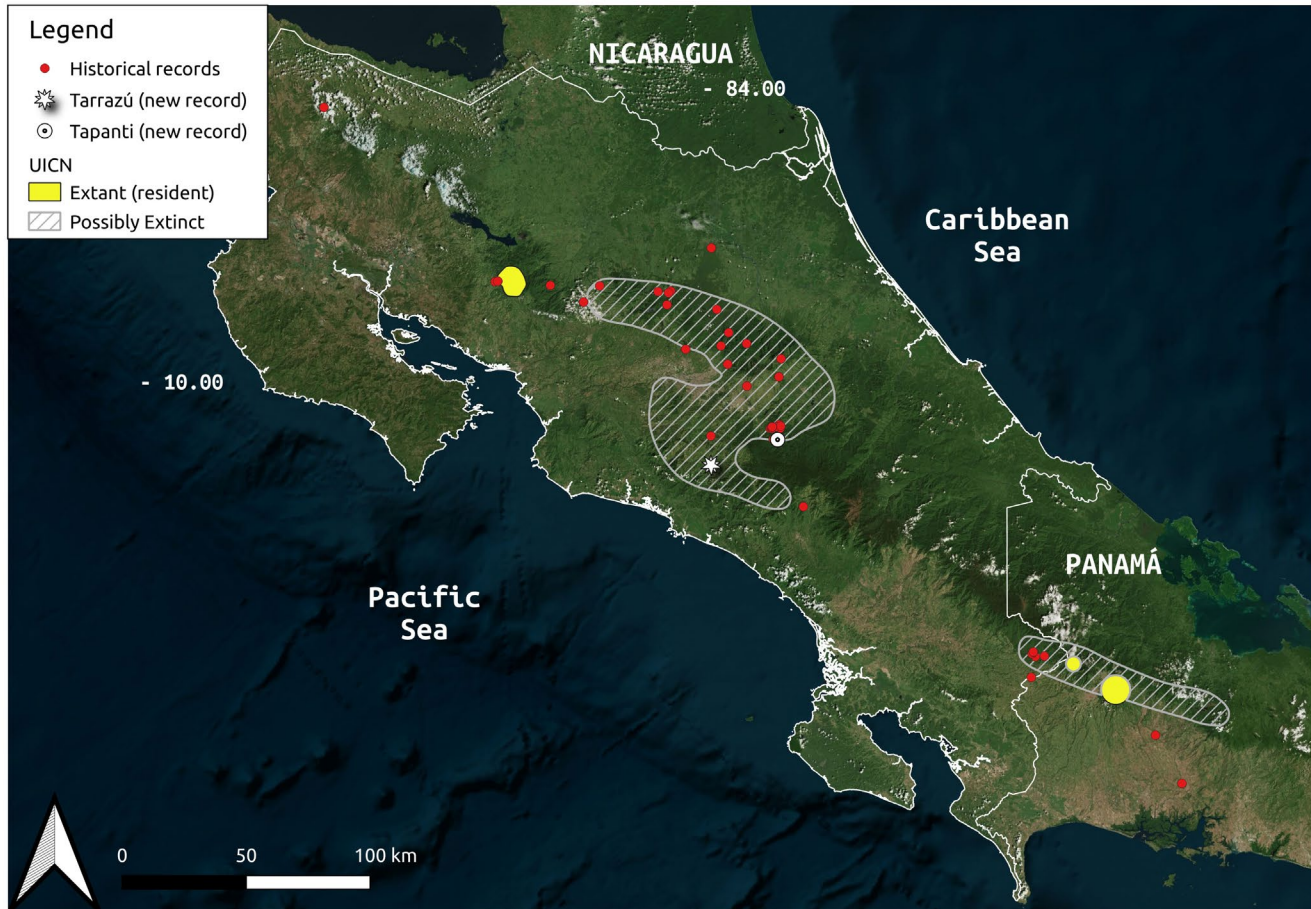


Figura 5. Mapa de distribución de *Isthmohyla tica* según registros de IUCN (2020) y Gbif (2021), incluidos los registros de Tapanti y la Zona de los Santos.

Figure 5. Distribution map of *Isthmohyla tica* according to IUCN (2020) and Gbif records (2021), including the records of Tapanti and the Zona de los Santos.

In the region known as the Zona de Los Santos, the last reports of the species were in 1963 (GBIF, 2021). At that time the area suffered a considerable change in ecosystems, because from 1950, through technological packages, the cultivation of coffee expanded in the Zona de Los Santos, causing that between 1960 and 2000 the cantonal production of coffee increased up to ten times (Picado et al., 2009). The populations that we find in La Libia and Santa Marta are within the areas that the IUCN (2020) considered as possibly extinct (Fig. 5). Currently, the predominant landscape in this area are coffee plantations, which is typical of the Zona de Los Santos, however in many plantations there is a mixture of remnants of very small forests, sometimes a few meters wide on each side of the rivers. Individuals of *I. tica* observed in La Libia and Santa Marta were in a small vegetation of secondary growths and pastures, always very close to the coffee plants (Fig. 6). The presence of this endangered species is added to that of other equally endangered species, which have been observed in coffee plantations, such

as *Duellmanohyla legleri* (Abarca et al., 2021) and *Agalychnis annae* (Hidalgo-Mora et al., 2021) in these areas of Los Santos. The presence of these species reflects the importance of better understanding their distribution and presence in the coffee plantation agroecosystems, and ensuring the conservation of those forest patches on the banks of the rivers.

Usually, *I. tica* has been reported in primary or little altered forests (Leenders, 2016; Cossel & Kubicki, 2019); however, we were able to verify its presence in relatively altered perturbed environments, in places where agricultural treatments are carried out, such as the use of fungicides, in addition to the nearby presence of human settlements. While we recognize the importance of conserving forested areas within protected areas, there are environments that have not been considered as important sites for the conservation of threatened species. In general, these environments have been undervalued due to their anthropogenic use. However, the tolerance of many species of



Figura 6. Paisaje del agroecosistema de los cafetales en La Libia (izquierda) y Santa Marta (derecha) donde se avistó *I. tica*.

Figure 6. Landscape of the agro-ecosystem of the coffee plantations in La Libia (left) and Santa Marta (right) where *I. tica* was spotted.

amphibians to anthropic alteration is known (Hidalgo-Mora et al., 2021).

While some agricultural practices can affect amphibians, others can be tolerated, so it is necessary to recognize which of these practices can be less harmful to threatened species. In addition, the presence of threatened species in agro-ecosystems can represent not only an important reason for research, but it can also generate some motivation on the part of the owners and people of the community to protect them. Many times the presence of threatened species can be used in favor of producers to give added value to their products, this is how the presence of threatened frogs in coffee plantation ecosystems could help improve the perception of these animals by coffee producers, and at the same time improve the income of the producer by offering an environmentally friendly product while protecting endangered species.

Acknowledgements.— We thank Fabricio Carbonell for extending us research permits (SINAC-ACC-PI-re-018-2021; SINAC-ACC-PI-re-060-2021). We also want to thank Aarón Ugalde Bermúdez, José Daniel Porras Vega and Enrique Cordero Cordero for assistance in fieldwork. We thank Mark Wainwright and Alex Villegas, for help in species identification and audio support.

CITED LITERATURE

Abarca, J.G., E. Hidalgo-Mora, R. Ramírez-Campos & A. Valverde-Castillo. 2021. Predation of a Legler's Stream Frog, *Duellmanohyla*

legleri (Anura: Hylidae), by an Ornate Cat-eyed Snake, *Leptodeira cf. ornata* (Squamata: Dipsadidae). Reptiles & Amphibians 28:218-219.

Abarca, J. G. 2016. In Searching for Missing Frog Species in Costa Rica: Rediscovery Critically Endangered Species in a Time of Extinction. Final Report. The Rufford Foundation.

AmphibiaWeb. 2021. <<https://amphibiaweb.org>> University of California, Berkeley, CA, USA. [Accessed 30 Sep 2021]

Chaves-Acuña, W., G. Chaves, J., Klank, E. Arias, F. Bolaños, A. Shepack, T. Leenders, J. Cossel, & J. Faivovich. 2020. Recent findings of *Isthmohyla pictipes* (Anura: Hylidae) in Costa Rica: variation and implications for conservation. Zootaxa 4881:499-514.

Cossel, Jr, J. & B. Kubicki. 2019. Guía de Campo de Ranas y Sapos de Costa Rica (Spanish Edition). Kindle Edition.

Duellman, W.E. 1970. The Hylid Frogs of Middle America. Museum of Natural History, The University of Kansas, USA. 753 pp.

García-Rodríguez, A., G. Chaves, C. Benavides-Varela & R. Puschendorf. 2012. Where are the survivors? Tracking relictual populations of endangered frogs in Costa Rica. Diversity and Distributions 18: 204-212.

GBIF 2021. GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.hc9yfu> [consultado el 27 September 2021]

- Guayasamin, J.M., T. Krynak, K. Krynak, J. Culebras & C.R. Hutter. 2015. Phenotypic plasticity raises questions for taxonomically important traits: a remarkable new Andean rainfrog (*Pristimantis*) with the ability to change skin texture. *Zoological Journal of the Linnean Society* 173:913-928.
- Hertz, A., S. Lotzkat, A. Carrizo, M. Ponce, G. Köhler, and B. Streit. 2012. Field notes on findings of threatened amphibian species in the central range. *Amphibian and Reptile Conservation* 6: 9-30
- Hidalgo-Mora, E., A. Valverde-Castillo & J.G. Abarca. 2021. Range extension of the Blue-Sided Leaf Frog, *Agalychnis annae* (Anura: Hylidae): Using citizen science across suburban areas in Costa Rica. *Reptiles & Amphibians* 28: 264-267.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group & NatureServe. 2020. *Isthmohyla tica*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T55675A54347781. [Downloaded on 30 September 2021.]
- Jiménez, R.R., E. Ballester, J.D. Astorga, E. Rodríguez & G. Alvarado. 2019. *Isthmohyla rivularis* (American Cinchona Plantation Treefrog). *Herpetological Review* 50:322.
- Kok, P.J.R. & M. Kalamandeen. 2008. Introduction to the taxonomy of the amphibians of Kaieteur National Park, Guyana. *Abc Taxa*, vol 5, i-ix, 278 pp.
- Leenders, T. 2016. *Amphibians of Costa Rica: A Field Guide*. Ítaca, Nueva York, Estados Unidos de América. Zona Tropical Publications. 544 pp.
- Lips, K.R., J.D. Reeve & L.R. Witters. 2003. Ecological traits predicting amphibian population declines in Central America. *Conservation Biology* 17:1078-1088.
- Nishida, K. 2006. Encounter with *Hyla angustilineata* Taylor, 1952 (Anura: Hylidae) in cloud forest of Costa Rica. *Brenesia* 66:78-81.
- Picado, W., R. Ledezma & R. Granados. 2009. Territorio de coyotes, agroecosistemas y cambio tecnológico en una región cafetalera de Costa Rica. *Revista de Historia* (59-60):119-165.
- Olsen, A.C. & J.O. Cossel. 2014. Observations of a remnant population of the critically endangered frog *Isthmohyla rivularis* on the Monteverde Cloud Forest Preserve, Costa Rica. *Herpetological Review* 45:205-208.
- Savage, J.M. 2002. *The Amphibians and Reptiles of Costa Rica: a Herpetofauna Between Two Continents, Between Two Seas*. University of Chicago press.
- Whitfield, S.M., K.E. Bell, T. Philippi, M. Sasa, F. Bolaños, G. Chaves, J. Savage & M.A. Donnelly. 2007. Amphibian and reptile declines over 35 years at La Selva, Costa Rica. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(20):8352-8356.



DEPREDACIÓN DE LA COMADREJA COLA LARGA (*MUSTELA FRENATA* LICHTENSTEIN, 1831) POR LA SERPIENTE MAZACUATA (*BOA IMPERATOR* DAUDIN, 1803) EN EL SURESTE DE MÉXICO

PREDATION OF LONG-TAILED WEASEL (*MUSTELA FRENATA* LICHTENSTEIN, 1831) BY MAZACUATA SNAKE (*BOA IMPERATOR* DAUDIN, 1803) IN SOUTHEASTERN MEXICO

ALVARO MONTER-POZOS¹ & JULIO C. HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ^{2*}

¹Investigador Independiente. Campeche, Campeche, México.

² Pronatura Veracruz A.C. Ignacio Zaragoza 153, Centro, 91500, Veracruz, México.

*Correspondence: jhernandez@pronaturaveracruz.org

Received: 2021-09-17. Accepted: 2022-02-01. Published: 2022-02-17.

Editor: Oscar A. Flores-Villela, México

Abstract.— The mazacuata snake *Boa imperator* is a generalist predator that feeds on a wide variety of prey, including birds, reptiles and mammals. We present the first documented case of the long-tailed weasel (*Mustela frenata*) in the natural diet of *B. imperator*.

Keywords.— Boidae, Campeche state, diet, interactions.

Resumen.— La serpiente mazacuata *Boa imperator* es un depredador generalista que consume una amplia variedad de presas, que incluye aves, reptiles y mamíferos. Presentamos el primer registro documentado de comadreja cola larga (*Mustela frenata*) en la dieta natural de *B. imperator*.

Palabras clave.— Boidae, dieta, estado de Campeche, interacciones.

La serpiente mazacuata (*Boa imperator*), es un gran boido de hábitos terrestres y arborícolas con una amplia distribución geográfica, que se extiende desde el norte de México hasta el noroeste de América del Sur en Colombia (Card et al., 2016), habitando regiones boscosas y abiertas (Henderson et al., 1995). Altitudinalmente se distribuye desde el nivel del mar hasta los 1500 m s.n.m. (Heimes, 2016). Es un depredador generalista y oportunista que consume una amplia variedad de presas endotérmicas y ectotérmicas (Greene, 1997; Sironi et al., 2000), entre los que se incluyen saurios (p. ej. Altamirano-Álvarez et al., 2012; Kartje et al., 2016), aves (p. ej. Rocha-Santos et al., 2014; Travaglia-Cardoso et al., 2016) y mamíferos (p. ej. Janzen, 1970; Monroy-Vilchis et al., 2021). Esta especie se encuentra protegida por la legislación mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010) catalogada como especie “Amenazada” (DOF,

2010) y considerada con “menor preocupación” por la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Montgomery y da Cunha, 2018).

El 08 de septiembre del año 2021, alrededor de las 10:02 hrs, en el Municipio de Calkiní, Campeche, encontramos muerto a un individuo de *B. imperator* de aproximadamente 150 cm (longitud total), sobre una calle rodeada de casas, que presentan pequeñas zonas verdes que actúan como “islas” para la fauna silvestre (20°22'35.9" N; 90°02'49.0" O; WGS 84; elev. 3 m s.n.m.). El individuo mostraba cortes en la cabeza, lo que sugiere que fue sacrificada por los lugareños y posteriormente atropellada, provocando la expulsión de un individuo de comadreja de cola larga, *Mustela frenata* (Carnivora: Mustelidae, Fig. 1), ingerido por la serpiente probablemente hacía poco tiempo, debido a



Figure 1. Predation of *Mustela frenata* by *Boa imperator* in Calkiní, Campeche, México. Photo: Diana Laura Avilés Santin

Figura 1. Depredación de *Mustela frenata* por *Boa imperator* en Calkiní, Campeche, México. Foto: Diana Laura Avilés Santin.

que no presentaba signos de descomposición, por lo cual su identificación a nivel de especie fue precisa, a pesar de no contar con las características de la cabeza. El cuerpo era largo y delgado, con las patas cortas, la cola larga y delgada, su coloración café anaranjado, con el vientre crema y una mancha amarillenta en el pecho (Ceballos & Oliva, 2005).

Cabe resaltar que el registro de *M. frenata* contribuye al conocimiento de la distribución de esta especie para el estado de Campeche, ya que en el año 2012 se obtuvieron los primeros registros formales de la especie en la región centro-oeste del estado (Contreras-Moreno et al., 2015).

Este reporte representa el primer caso documentado de un mustélido en la dieta natural de *B. imperator*, asimismo, este tipo de registros demuestra la capacidad de esta especie para

vivir en paisajes antropogénicos, en donde se ven amenazadas directamente por el hombre.

Agradecimientos.— A Diana Laura Avilés Santin por la fotografía de la *B. imperator* y a los revisores anónimos que aportaron valiosos comentarios y sugerencias para mejorar este manuscrito.

LITERATURA CITADA

Acosta Altamirano-Álvarez, T.A., M. Soriano-Sarabia, A. García Bernal & N.P. Miranda González. 2012. Uso de los recursos espacio-temporales y alimentarios por una comunidad de serpientes, en Alvarado, Veracruz, México. *Revista de Zoología* 23:21-36.

- Card, D.C., D.R. Schield, R.H. Adams, A.B. Corbin, B.W. Perry, A.L. Andrew, G.I.M. Pasquesi, E.N. Smith, T. Jezkova, S.M. Boback, W. Booth & T.A. Castoe. 2016. Phylogeographic and population genetic analyses reveal multiple species of *Boa* and independent origins of insular dwarfism. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 102:104-116.
- Ceballos, G. & G. Oliva. 2005. *Mustela frenata* Lichtenstein, 1831. Comadreja. Pp. 380-381. En G. Ceballos y G. Oliva (Eds.). *Los Mamíferos Silvestres de México*. FCE, CONABIO, México, D.F.
- Contreras-Moreno, F.M., A. Jesús-de la Cruz, R. Juárez-López & M.G. Hidalgo-Mihart. 2015. First records of the long tailed-weasel (*Mustela frenata*) in the state of Campeche, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 31(3):488-490.
- DOF. 2010. MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010. [Consultado en septiembre 2021].
- Greene, H. W. 1997. *Snakes: the Evolution of Mystery in Nature*. University of California Press, USA.
- Heimes, P. 2016. *Herpetofauna Mexicana Vol. 1: Snakes of Mexico*. Edition Chimaira, Frankfurt am Main, Germany.
- Henderson, R.W., T.W. Micucci, G. Puerto & R.W. Bourgeois. 1995. Ecological correlates and patterns in the distribution of Neotropical boines (Serpentes: Boidae): a preliminary assessment. *Herpetological Natural History* 3(1):15-27.
- Janzen, D.H. 1970. Altruism by coatis in the face of predation by *Boa constrictor*. *Journal of Mammalogy* 51(2):387-389.
- Kartje, M.E., J.P. Corneil, C.E. Montgomery & V.H. Reynoso. 2016. *Ctenosaura oaxacana* (Oaxacan Spiny-Tailed Iguana). Predation. *Herpetological Review* 47(3):463.
- Monroy-Vilchis, O., O. Sánchez & V. Urios. 2011. Consumption of an adult *Puma yagouaroundi* (Felidae) by the snake *Boa constrictor* (Boidae) in Central Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:319-321.
- Montgomery, C.E. & O. da Cunha. 2018. *Boa imperator*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T203879A2771951. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T203879A2771951.en>. [Consultado en septiembre 2021].
- Rocha-Santos, G., E. Barbier & M.O. Bordignon. 2014. Sweet trap: *Boa constrictor* (Serpentes: Boidae) preying on passerines on *Cecropia pachystachya* (Urticales: Cecropiaceae) in fruiting period. *Biota Neotropica* 14(2):e20140003.
- Sironi, M., M. Chiaraviglio, R. Cervantes, M. Bertona & M. Rio. 2000. Dietary habits of *Boa constrictor* occidentalis in the Cordoba Province, Argentina. *Amphibia-Reptilia* 21:226-232.
- Travaglia-Cardoso, S.R., G. Puerto, M.S.B. Lucas & H. Susuki. 2016. *Boa constrictor* (Reptilia, Serpentes, Boidae): opportunistic predation on *Diopsittaca nobilis* (Aves, Psittacidae). *The Herpetological Bulletin* 137:39-40



PRIMER REGISTRO DE ALBINISMO EN LA CULEBRA NARIZ DE PALA *CONOPSIS NASUS* (COLUBRIDAE)

FIRST RECORD OF ALBINISM IN THE LARGENOSE EARTH SNAKE *CONOPSIS NASUS* (COLUBRIDAE)

CHRISTIAN BERRIOZABAL-ISLAS^{1,2}, AURELIO RAMÍREZ-BAUTISTA^{3*}, JOSÉ DANIEL LARA-TUFIÑO⁴, IRIS AURORA NAVA-JIMÉNEZ⁵ & ROBERTO ARELLANO-PICACHO³

¹Universidad Tecnológica de la Zona Metropolitana del Valle de México, Miguel Hidalgo y Costilla No. 5, Fraccionamiento Los Héroes, Tizayuca, Hidalgo, México.

²Universidad de Quintana Roo, Departamento de Administración turística, Playa del Carmen Cancún, Quintana Roo, México.

³Laboratorio de Ecología de Poblaciones, Centro de Investigaciones Biológicas, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Km 4.5 Carretera Pachuca-Tulancingo, 42184 Mineral de La Reforma, Hidalgo, México.

⁴Laboratorio de Herpetología, Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510, CDMX, México.

⁵Programa Educativo de Ingeniería en Biotecnología, Universidad Politécnica de Quintana Roo, Av. Arco Bicentenario M 11, Lote 1119-33, Sm 255, 77500 Cancún, Quintana Roo, México.

*Correspondence: ramibautistaa@gmail.com

Received: 2021-10-26. Accepted: 2022-01-17. Published: 2022-02-24.

Editor: Ricardo Itzcoatl Maldonado Reséndiz, México.

Abstract.— The first complete albinism record is reported for the snake *Conopsis nasus* (Colubridae). This record represents the second case of albinism reported in a wild snake in Mexico.

Keywords.— First record, Hidalgo, Mexico, pigmentation, snake.

Resumen.— Se reporta el primer registro de albinismo completo para la serpiente *Conopsis nasus* (Colubridae). Este registro representa el segundo caso de albinismo reportado para una serpiente de vida libre en México.

Palabras clave.— Hidalgo, México, pigmentación, primer registro, serpiente.

El albinismo es una condición genética recesiva causada por la ausencia o reducción de la síntesis de melanina en los melanocitos, la cual se manifiesta en la falta de pigmentación de la piel y en un iris color rojo (Smirnov et al., 2014; Marcon & Maia, 2019). Adicionalmente, los reptiles albinos pueden presentar otro tipo de pigmentación no causada por la melanina, sino por pigmentos como los carotenoides y pteridinas que producen un color amarillo o rojizo en la piel (Bechtel, 1995).

Se han reportado pocos registros de serpientes albinas de vida libre (ej. Dyrkacz, 1981; Ferri & Bettiga, 1992; Scali, 1992; Esqueda et al., 2005; Silva et al., 2010; Abegg et al., 2015), y en el caso de México, sólo se existe un registro en la serpiente semifosorial *Geophis semidoliatus* (De La Torre-Loranca et al., 2006). En el presente trabajo se reporta el primer caso de

albinismo completo en la serpiente semifosorial *Conopsis nasus* (Squamata: Colubridae).

Conopsis nasus es una serpiente endémica a México, se distribuye de los 1,500 a 3,000 m s.n.m., en los estados de Aguascalientes, Ciudad de México, Michoacán, Jalisco, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Morelos, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Zacatecas, Jalisco, Tlaxcala y Veracruz (Goyenechea & Flores-Villela, 2002). Habita en bosques de pino-encino, matorrales xerófilos y submontanos, así como zonas perturbadas por la actividad humana. Es una especie diurna y presenta hábitos fosoriales, por lo que no es frecuente encontrarla (Goyenechea & Flores-Villela, 2002).

El 15 de enero de 2016, se encontró una hembra adulta (LHC 157.8 mm; Fig. 1) de la especie *Conopsis nasus* con coloración





Figure 1. Adult female of *Conopsis nasus*, observed in Tula de Allende, Hidalgo, Mexico.

Photo: CBI.

Figura 1. Hembra adulta de *Conopsis nasus*, observada de Tula de Allende, Hidalgo, México. Foto: CBI.

atípica albina, en la cabecera de Tula de Allende, Hidalgo, México (20.042092° N, -99.345156° O; Datum: WGS84; 2,043 m s.n.m.). El ejemplar se capturó para registrar sus características (merísticas y morfométricas) y tomar fotografías; más tarde, se liberó en el sitio de colecta, el cual fue bajo una roca en suelo calizo. La zona del avistamiento se encuentra afectada por la urbanización, pero presenta algunos parches de matorral xerófilo. Las especies de plantas nativas que persisten en los fragmentos de matorral son *Agave salmianna*, *Opuntia robusta*, *O. streptacantha* y *Yuca filifera* (Rzedowski, 2006); sin embargo, el área está dominada por pastos secundarios y escombros generados por las construcciones humanas (Fig. 2). La fotografía del ejemplar forma parte de la colección húmeda de anfibios y reptiles de Centro de Investigaciones Biológicas CIB de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo con número de registro CIB-01856.

El ejemplar presentó las escamas internas fusionadas, 17 filas de escamas lisas alrededor del cuerpo, así como la escama anal dividida (Canseco-Márquez & Gutiérrez-Mayen, 2010). en cuanto a la coloración, esta se describió con base en Köhler (2012), los códigos se señalan en paréntesis. La superficie dorsal, lateral y ventral de la cabeza, así como la del cuerpo y cola, presenta un color de fondo Pale Buff (C1). La región dorsal y lateral de la cabeza exhibe manchas difusas color Pinkish Flesh (C253) y manchas color Salmon (C251), mientras que la región



Figure 2. Habitat where the sighting was recorded. Tula de Allende, Hidalgo, Mexico. Photo: CBI.

Figura 2. Hábitat donde se registró el avistamiento. Tula de Allende, Hidalgo, México. Foto: CBI.

ventral presenta puntos y manchas difusas Salmon (C251). La región vertebral del cuerpo presenta una serie de manchas (relativamente cuadrangulares) Pinkish Flesh (C253), las cuales comienzan en la sutura posterior de las escamas parietales y terminan al comienzo de las vertebras caudales. Las regiones laterales del cuerpo presentan una serie de manchas color Pinkish Flesh (C253), que son más pequeñas que las manchas vertebrales. La región dorsal de la cola presenta manchas difusas color Salmon (C251), al igual que el cuerpo. Finalmente, se observaron puntos color Pinkish Flesh (C253) en las escamas ventrales, los cuales aumentaban en número en los extremos laterales de cada escama. El patrón de manchas y puntos mostrados en el ejemplar es similar al descrito para los individuos nominales de la especie.

La condición albina en los reptiles es considerada una desventaja que puede generar deficiencias en la termorregulación, especialmente en ejemplares de elevadas latitudes y altitudes (Bechtel, 1995). Por otra parte, los individuos que presentan esta condición probablemente son más vulnerables a la depredación (Bechtel, 1995; Abegg et al., 2015). El ejemplar reportado se localizó en una zona de suelo calizo, lo que podría ayudar a explicar por qué logró alcanzar la talla adulta, a pesar de presentar una condición albina completa.

Agradecimientos.— Agradecemos al proyecto JMO01, Fomix-CONACyT-191908 “Biodiversidad del Estado de Hidalgo”, Tercera etapa. De igual manera agradecemos a los revisores anónimos cuyas correcciones y comentarios mejoraron el presente trabajo.

LITERATURA CITADA

- Abegg, A.D., O.M. Entiauspe-Neto & T. de Lema. 2015. First record of albinism in the Elapomorphini tribe (Serpentes: Dipsadidae). *Herpetology Notes* 8:503-505.
- Bechtel, H.B. 1995. *Reptile and Amphibian Variants: Colors, Patterns and Scales*. Krieger Publishing, Malabar, Florida, USA.
- Canseco-Márquez, L., & M.G. Gutiérrez-Mayén. 2010. Anfibios y reptiles del Valle de Tehuacán Cuicatlán. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Fundación para la Reserva de la Biosfera Cuicatlán, A.C. y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- De la Torre-Loranca, M.A., G. Aguirre-León & M.A. López-Luna. 2006. Coralillos verdaderos (Serpentes: Elapidae) y coralillos falsos (Serpentes: Colubridae) de Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana* 22:11-22.
- Dyrkacz, S. 1981. Recent instances of albinism in North American amphibians and reptiles. *Herpetological Circular* No. 11. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Sant Louis, Missouri, USA.
- Esqueda, L.F., E. La Marca & P. Soriano. 2005. Partial albinism in a Venezuelan specimen of false coral snake *Oxyrhopus petola petola* (Linnaeus, 1758). *Herpetotropicos*, *Herpetotropicos* 2:65.
- Ferri, V. & M. Bettiga. 1992. Un caso di albinismo nel Colubro di Esculapio, *Elaphe l. longissima* (Laurenti, 1768). *Il Naturalista Valtellinese, Atti del museo civico di storia naturale di Trieste*. 3: 91-96.
- Hensley, M. 1968. Another albino lizard, *Sceloporus undulatus hyacinthinus* (Green). *Journal of Herpetology* 1:92-93.
- Goyenechea, I., & O. Flores-Villela. 2002. Taxonomic summary of *Conopsis*, Günther, 1858 (Serpentes: Colubridae). *Zootaxa* 1271:1-27.
- Köhler, G. 2012. *Color Catalogue for Field Biologists*. Herpeton, Offenbach, Germany.
- Marcon C.R. & M. Maia. 2019. Albinism: epidemiology, genetics, cutaneous characterization, psychosocial factors. *Anais Brasileiros de Dermatologia* 94:503-520.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Scali, S. 1992. Caso di colorazione anomala nel Biacco (*Coluber viridiflavus* Lacépède, 1789). *Atti della Società italiana di scienze naturali e del Museo civico di storia naturale di Milano* 133:294-295.
- Smirnov, D.G., V.P. Vekhnik, N.M. Kurmaeva & F.Z. Baishev. 2014. The detection of partial albinism at three species of bats (Mammalia: Chiroptera) in european part of Russia. *Open Journal of Animal Sciences* 4:291-296.
- Silva, F., C. Assis & F.M. Quintela. 2010. Albinism in a *Liophis miliaris* (Linnaeus, 1758) (Serpentes: Dipsadidae) from Minas Gerais State, southern Brazil. *Herpetology Notes* 3:171-172.



PREDATION EVENT OF MILK FROG *TRACHYCEPHALUS TYPHONIUS* (ANURA: HYLIDAE) ON A COMMON HOUSE GECKO *HEMIDACTYLUS FRENATUS* (SQUAMATA: GEKKONIDAE)

EVENTO DE DEPREDACIÓN DE LA RANA LECHERA *TRACHYCEPHALUS TYPHONIUS* (ANURA: HYLIDAE) SOBRE EL GECO CASERO COMÚN *HEMIDACTYLUS FRENATUS* (SQUAMATA: GEKKONIDAE)

PABLO MARÍN¹ & JOSÉ M. MORA^{2,3}

¹Carrera de Ingeniería Forestal y Vida Silvestre, Sede Atenas, Universidad Técnica Nacional, Atenas, Costa Rica. iD <https://orcid.org/0000-0002-2285-036X>

²Carrera de Gestión Ecológica, Sede Central, Universidad Técnica Nacional, Alajuela, Costa Rica. iD <https://orcid.org/0000-0002-1200-1495>

³Department of Biology and Museum of Vertebrate Biology, Portland State University, Portland, Oregon 97207, USA

*Correspondence: jomora@pdx.edu

Received: 2021-12-03. Accepted: 2022-01-31. Published: 2022-02-24.

Editor: Nelson Velásquez, Chile.

Resumen.— Las observaciones de eventos de depredación son poco comunes. Estos eventos son importantes para ayudar a entender las redes tróficas de las comunidades biológicas en general y de las especies introducidas en particular. La rana lechera (*Trachycephalus typhonius*) se alimenta de insectos y otros artrópodos, pero se han reportado algunos pocos casos de vertebrados en su dieta: una rana *Hypopachus variolosus* en México, un murciélago *Myotis nigrescens* en el pantanal de Brasil y un adulto de la rana *Dendropsophus soaresi* también en Brasil. Aquí reportamos la depredación de la rana lechera sobre un gecko casero común (*Hemidactylus frenatus*) en Bajamar, Puntarenas, Costa Rica. La observación se hizo en una casa de habitación en un área de pasturas con árboles cerca de un manglar.

Palabras clave.— Anfibios, especies introducidas, hábitats alterados, ranas arborícolas, reptiles.

Abstract.— Observations of predation events are rare. These events are important to help understand trophic networks of biological communities in general and of introduced species in particular. Milk frogs (*Trachycephalus typhonius*) feed on insects and other arthropods, but some cases of vertebrates have been reported in its diet: a Sheep toad (*Hypopachus variolosus*) in México, a Black Myotis (*Myotis nigrescens*) in the Pantanal of Brazil, and an adult tree frog of *Dendropsophus soaresi* also in Brazil. Here we report the predation of an adult Milk frog on a Common house gecko (*Hemidactylus frenatus*) in Bajamar, Puntarenas, Costa Rica. The observation was made in a house in an area of pastures with trees near a mangrove swamp.

Keywords.— Altered habitats, amphibians, introduced species, reptiles, tree frogs.

Predation influences several key aspects of fitness such as feeding, breeding, and often, ultimately, mortality, and as such it is fundamental to the lives of wild animals (Humphreys & Ruxton, 2018). Natural selection, ecological structuring

of communities, and the functioning of ecosystem have on predator-prey interactions one of the main drivers (Valdez, 2020). Observation of predatory interactions is extremely important to help understand trophic networks (Passos et al.,

2017; Dias-Silva et al., 2021), however, to observe them in nature is difficult (Dias-Silva et al., 2021).

Prey types ingested by predators are determined by the influence of their searching behavior and habitat types (Van-Sluys & Rocha, 1998). Anurans can consume a wide variety of prey such as arthropods but also small vertebrates including other species of amphibians (Vitt & Caldwell, 2009). Most frogs and toads are generalist and opportunistic foragers, taking the preys available at the moment in their habitats (Vitt & Caldwell, 2009). Invasions of new sites by native or exotic species create new predation interrelationships, especially notable in opportunistic species inhabiting human settlements. These settlements generally offer unusual and abundant resources for some species. For example, artificial light at night is one of the multiple effects of human development (Maurer et al., 2019), and lights in streetlights and houses attract insects and they attract predators, including bats, lizards, and amphibians (Owens & Lewis, 2018; Maurer et al., 2019). Several species of geckos have been introduced in different parts of the world, such

as Spiny-tailed House gecko (*Hemidactylus frenatus* Duméril and Bibron, 1836). This gecko is often found inside buildings feeding on insects (Neogi & Islam, 2017). However, some native species may behave similarly such as Milk frog *Trachycephalus typhonius* (Linnaeus, 1758), and at night individuals are often seen clinging to walls of buildings, where they prey on insects attracted to electric lights (Lee, 2000). This species is another generalist and opportunistic anuran predator which feeds primarily on small invertebrates, especially insects (Lee, 2000).

As currently defined, *Trachycephalus typhonius* is a widely distributed arboreal frog occurring from tropical Sinaloa, Mexico to eastern Panama on the Pacific slope and from Tamaulipas, Mexico to northern Nicaragua on the Caribbean slope (Savage, 2002). In South America Milk frog inhabits Colombia and Ecuador west of the Andes, and from eastern Venezuela and the Guianas to southern Brazil in the Amazon basin, extending to northern Argentina (Savage 2002, La Marca et al., 2010). It is also found in Trinidad and Tobago in the Caribbean (La Marca et al., 2010). In Costa Rica, the species inhabits mainly the Pacific



Figura 1. Rana lechera (*Trachycephalus typhonius*) consumiendo un gecko casero común (*Hemidactylus frenatus*) en Bajamar, Puntarenas, Costa Rica.
Figure 1. Milk frog (*Trachycephalus typhonius*) consuming a Spiny House gecko (*Hemidactylus frenatus*) at Bajamar, Puntarenas, Costa Rica.

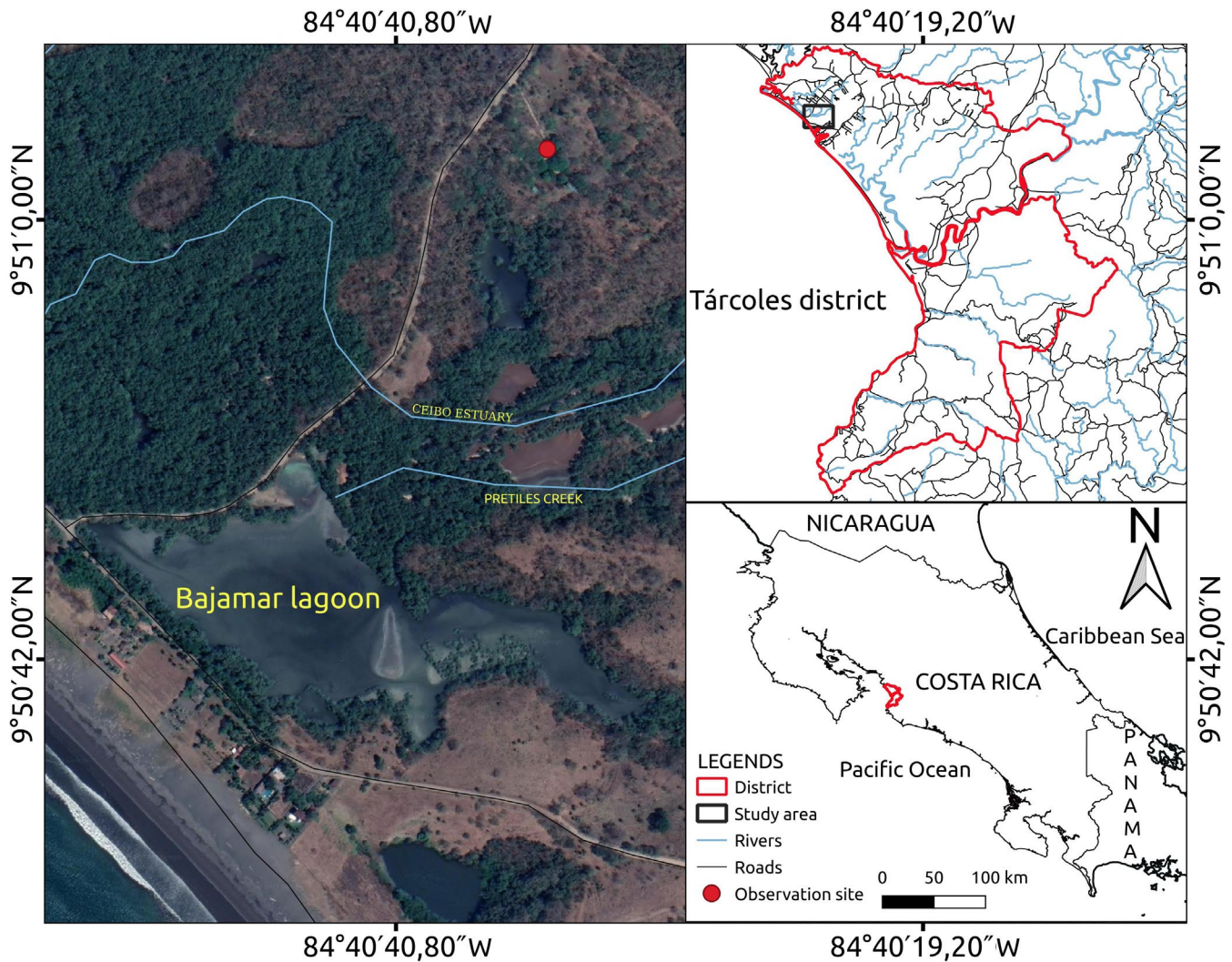


Figura 2. Localidad y hábitat general donde se encontró una *Trachycephalus typhonius* depredando un *Hemidactylus frenatus* en una casa (pin rojo) en Bajamar, Puntarenas, Costa Rica.

Figure 2. Locality and general habitat where a *Trachycephalus typhonius* was found preying on a *Hemidactylus frenatus* at a house (red pin) at Bajamar, Puntarenas, Costa Rica.

lowlands (Leenders, 2016) between 2-1145 masl (Sasa et al., 2010; Mora et al., 2021). In general, the species occurs in diverse habitats including dry and moist habitats, forested or artificial open areas such as gardens and plantations as well as human housing (Savage, 2002; García Mata et al., 2020).

Trachycephalus typhonius is a large hylid frog with distinctively glandular skin (Leenders, 2016). Glands produce milky secretions with impressive adhesive properties not water soluble (Vitt & Caldwell, 2009). These harmful, irritating secretions contain various poisonous alkaloids that are potentially lethal to predators (Vitt & Caldwell, 2009). The venomous properties of the skin of *Trachycephalus typhonius* are well known and have been documented by several authors (Duellman, 1970). It has been

also argued that gland secretions are produced as an adaptive response to arid environments (McDiarmid, 1968). The secretions are used to protect the frogs against dehydration lining cavities of trees where they seek refuge (McDiarmid, 1968).

Hemidactylus frenatus inhabited originally only southeastern Asia, but it has been introduced to several islands, Australia, América and Africa (López & Mora, 2021). It is a nocturnal and arboreal small gecko (snout-vent length up to 67 mm), grayish-brown or dusky brown dorsum, sometimes with darker markings, and venter unpatterned cream or light beige (Das, 2010). This gecko occurs naturally in forests, but most commonly it is associated with human housing (Parmar & Tank, 2019). *Hemidactylus frenatus* is preyed upon by several

animals, mainly snakes and larger lizards such as *Thecadactylus rapicauda* (Leenders, 2019), as well as some diurnal species such as birds (Rojas-González & Wakida-Kusunoki, 2012; Yannarella & Abarca, 2017) and primates (Mata-Silva et al., 2013). Here we report on the first record of predation on *Hemidactylus frenatus* by *Trachycephalus typhonius*.

On December 4th, 2020 at 21:40 h an adult Milk frog was observed capturing and consuming a Spiny House gecko (Fig. 1). The frog was observed with the gecko in its mouth and consumed it in few minutes (actual time was not measured). The event was observed at Bajamar, Puntarenas, Costa Rica (9°51'02.9" N, 84°40'34.6" W; 17 m elevation). The frog consumed the gecko on the outside wall of a house at 1.90 m high approximately. The house is located on an area of pastureland with trees near a mangrove (Fig. 2).

In general, the largest hylids such as *Trachycephalus typhonius* consume orthopterans and roaches as their primary prey (Parmelee, 1999). Prey of Milk frog includes spiders, orthopterans, dipterans, homopterans and coleopterans, with this last group and hymenopterans the most consumed ones (Mineros Ramírez, 2016). Several studies have shown that this species is generalist and opportunistic (Vaz-Silva et al., 2004; Dure & Kehr, 2006; Mineros Ramirez, 2016). Trophic plasticity in generalist amphibians provides them an advantage in disturbed environments where prey availability changes (López et al., 2015; Mineros Ramírez, 2016). This ability allows *Trachycephalus typhonius* to inhabit disturbed environments such as agroecosystem and even human housing (La Marca, 2010; Mineros Ramírez, 2016).

A *Trachycephalus typhonius* was photographed feeding on a scorpion (*Centruroides* sp.) in a house in Santa Rosa National Park in Costa Rica. Although the frog was stung several times by the scorpion, it did not show any side effects (Mesoamerican Herpetology, 2014). Besides invertebrates, it has been reported that Milk frog has consumed small vertebrates in natural and disturbed environments.

There is a record of a Milk frog ingesting a Sheep toad (*Hypopachus variolosus*) in México (Dundee & Limer, 1985). It was also reported as feeding on a Black Myotis (*Myotis nigrescens*) in the Pantanal, Brazil (Strüssmann & Sazima, 1991). This bat as well as probably the frog shelter in tree cavities and crevices in the Pantanal, so enhancing the possibilities of predation events (Strüssmann & Sazima 1991). More recently, Loebmann (2013) described a *Trachycephalus typhonius* preying on an adult of *Dendropsophus soaresi* in Northeastern Brazil. Nevertheless, this

was the only amphibian ingested by Milk frog from a sample of 70 examined (Loebmann 2013). Amphibian predation by Milk frog seems to be unusual, considering the few records known (Loebmann, 2013). The House gecko reported here ingested by a Milk frog adds a new vertebrate to this short list and it is the first report of a lizard predated by this species. Given the abundance of this gecko and the adaptability of Milk frog to human housing, this predatory relationship could be common.

Trachycephalus typhonius is a "sit and wait" predator (Parmelee, 1999) and it is often found on building walls (García Mata et al., 2020). The house gecko is commonly seen at night on the walls and ceilings of buildings hunting insects that have been attracted by electric lights (Leenders, 2019). As a result, encounters of these two species could be frequent. This event is relevant to broad our understanding of predator-prey interactions, mainly given the two species involved. The House gecko is an introduced species, and introduced species is one of the main causes of biodiversity deterioration (Dwivedi et al., 2017). On the other hand, Milk frog is a winner among the highly threatened amphibians (Mora et al., 2022). This encounter offers important information about their natural history, helpful to understand their biology for conservation purposes.

Recent studies have shown that Milk frog inhabiting Central America is not *T. typhonius*, instead it may be *T. quadrangulum* (Ron et al., 2016). Even if it is not this species, *T. quadrangulum* provides a name to an evolutionary lineage separate from *T. typhonius*, an arrangement that better reflects the evolutionary history of Chocóan and Central American populations (Ron et al., 2016). Anyhow, largest individuals of *T. typhonius* are found in northwestern Mexico and southern Costa Rica and Panamá (McDiarmid, 1968; Duellman, 1970). Body size influences the size of prey taken by predators and as such the kind of vertebrates ingested by Milk frog would vary depending on this, geography and distribution of species involved. Whatever the species of Milk frog is in Central America, it offers research possibilities, in particular due to its abundance. Future studies may include the determination of specific factors that allow Milk frog to survive in different habitat types. This may offer insights about habitat restoration for other species with diminishing populations. Also, it could be useful to study Milk frog trophic ecology in relation to resource limitation to it and to other sympatric anuran species. Changes in resource availability in altered habitats may be more important that structure to maintain species such as Milk frog.

Acknowledgements .— We acknowledge the positive comments of Nelson Velásquez Soto and an anonymous reviewer. We deeply appreciate the collaboration of G. Chaves (Cachí) for preparing

figure 2. JMM acknowledges Emilce Rivera, GEC department head, UTN, for continuous academic support.

CITED LITERATURE

- Cover image. 2014. *Mesoamerican Herpetology* 1(2): 184.
- Das, I. 2010. *A Field Guide to the Reptiles of Southeast Asia*. New Holland Publishers Ltd, London, UK.
- Dias-Silva, F., C. Mattedi, R. 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.
- Duellman, W.E. 1970. *The Hylid frogs of Middle America*. Monograph of the Museum of Natural History, University of Kansas, USA.
- Dundee, H.A. & E.A. Liner. 1985. *Phrynohyas venulosa* (Veined treefrog). *Food*. *Herpetological Review* 16:109.
- Dure, M. & A.I. Kehr. 2006. *Phrynohyas venulosa* diet. *Herpetological Review* 37:338-339.
- Dwivedi, A.C., P. Mayank, S. Tripathi & A. Tiwari. 2017. Biodiversity: The non-natives species versus the native species and ecosystem functioning. *Journal of Biodiversity, Bioprospecting and Development* 4:164.
- García Mata, E.S., D. Cruz-Saenz, A. Rodríguez-López, J.O. Ríos-Martínez, L.A. Hernández-Dávila, D. Lazcano & L.D. Wilson. 2020. Predation by a Pacific Coast Parrot Snake (*Leptophis diplotropis*) on a Milky Treefrog (*Trachycephalus typhonius*) in the municipality Huejutla de Reyes, Hidalgo, Mexico. *Bulletin of the Chicago Herpetological Society* 55:101-105.
- 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.
- La Marca, E., C. Azevedo-Ramos, N. Scott, L. Aquino, D. Silvano, L.A. Coloma, S. Ron, J. Faivovich, G. Santos-Barrera, F. Solís, R. Ibáñez, F. Bolaños, L.D. Wilson, J. Hardy & P. Ponce. 2010. *Trachycephalus typhonius* (errata version published in 2016). The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T55824A95508779. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-2.RLTS.T55824A11373788.en>. [Accessed on 31 August 2021].
- Lee, J.C. 2000. *A field guide to the amphibians and reptiles of the Maya World, the lowlands of Mexico, northern Guatemala and Belize*. Comstock Publishing Associate and Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- Leenders, T. 2016. *Amphibians of Costa Rica, a field guide*. A Zona Tropical Publication, Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- Leenders, T. 2019. *Reptiles of Costa Rica: a field guide*. A Zona Tropical Publication, Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- Loebmann, D. 2013. A record of *Trachycephalus typhonius* (Linnaeus, 1758) preying upon *Dendropsophus soaresi* (Caramaschi and Jim, 1983) (Anura, Hylidae). *Herpetology Notes* 6:275-276.
- López, L., & J.M. Mora. 2021. A failed predation attempt by *Chrysopelea paradisi* (Serpentes: Colubridae) on *Hemidactylus frenatus* (Squamata: Gekkonidae) in Borneo, Malaysia. *Phyllomedusa* 20:203-207.
- López, J.A., P.A. Scarabotti & R. Ghirardi. 2015. Amphibian trophic ecology in increasingly human-altered wetlands. *Herpetological Conservation and Biology* 10:819-832.
- Mata-Silva, V., L.D. Wilson & J.D. Johnson. 2013. *Hemidactylus frenatus* (Common House Gecko). Predation. *Herpetological Review* 44:508-509.
- Maurer, A.S., C.J. Thawley, A.L. Fireman, S.T. Giery & J.T. Stroud. 2019. Nocturnal activity of Antiguan lizards under artificial light. *Herpetological Conservation and Biology* 14:105-110.
- McDiarmid, R.W. 1968. Population variation in the frog genus *Phrynohyas* Fitzinger in Middle America. *Contributions in Science Los Angeles County Museum* 134:1-25.
- Mineros Ramírez, R. 2016. Talla, condición corporal y complejidad trófica de *Trachycephalus typhonius* en un paisaje fragmentado en el sur de Quintana Roo, México. M.S. Thesis. El Colegio de la Frontera Sur, México.
- Mora, J.M., M.A. Rodríguez, G. Chaves & L.I. López. 2022. The occurrence of the Milk Frog *Trachycephalus typhonius* (Amphibia: Hylidae) in the Central Valley of Costa Rica. *Revista Latinoamericana de Herpetología*. In press.



- Neogi, A.K. & M.N. Islam. 2017. Giant Crab Spider: Predation of Common House Gecko *Hemidactylus frenatus* Schlegel, 1836 by Giant Crab Spider *Heteropoda venatoria* Linnaeus, 1767. *Zoo's Print* 32:22-24.
- Owens, A.C.S. & S.M. Lewis. 2018. The impact of artificial light at night on nocturnal insects: A review and synthesis. *Ecology and Evolution* 8:11337-11358.
- Parmar, D.S. & S.K. Tank. 2019. Herpetofauna of Veer Narmad South Gujarat University, Surat, India. *IRCF Reptiles & Amphibians* 26:21-34.
- Parmelee, J.R. 1999. Trophic ecology of a tropical anuran assemblage. *Scientific Papers Natural History Museum, The University of Kansas* 11:1-59.
- 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.
- Rojas-González, R.I. & A.T. Wakida-Kusunoki. 2012. *Hemidactylus frenatus* (House Gecko). Predation. *Herpetological Review* 43:133
- Ron, S.R., P.J. Venegas, H.M. Ortega-Andrade, G. Gagliardi-Urrutia & P. Salerno. 2016. Systematics of *Ecnomiohyla tuberculosa* with the description of a new species and comments on the taxonomy of *Trachycephalus typhonius* (Anura, Hylidae). *ZooKeys*, 630:115-154.
- Sasa, M., G. Chaves & L.W. Porras. 2010. The Costa Rican herpetofauna: conservation status and future perspectives. Pp.
- 509-603. In L.D. Wilson, J.H. Townsend & J.D. Johnson (Eds.). *Conservation of Mesoamerican amphibians and reptiles*. Eagle Mountain Publications, 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.
- Strüssmann, C. & I. Sazima. 1991. *Phrynohyas hebes* life history notes. *Herpetological Review* 22:97-97.
- Valdez, J. 2020. Arthropods as Vertebrate Predators: A Review of Global Patterns. *Global Ecology and Biogeography* 29:1691-1703.
- Van-Sluys, M. & C.F.D. Rocha. 1998. Feeding habitats and microhabitats utilization by two syntopic Brazilian Amazonian frogs *Hyla minuta* and *Pseudopaludicola* sp. (gr. Falcipes). *Revista Brasileira de Biologia* 58:559-562.
- Vaz-Silva, W., H.L.R. Silva & N.J. Silva Jr. 2004. *Phrynohyas venulosa* diet. *Herpetological Review* 35:160.
- Vitt, L.J. & J.P. Caldwell. 2013. *Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. Fourth Edition. Academic Press, New York, USA.
- Yannarella, F.A. & J.G. Abarca. 2017. *Hemidactylus frenatus*. Predation by a Turquoise-browed Motmot (*Eumomota superciliosa*; Momotidae). *Mesoamerican Herpetology* 4:175-176.



Nota de la Editora-en-Jefe: De acuerdo con la página Amphibian Species of the World (<https://amphibiansoftheworld.amnh.org/Amphibia/Anura/Hylidae/Lophyohylinae/Trachycephalus/Trachycephalus-typhonius>) la especie *Trachycephalus typhonius*, no se distribuye en Costa Rica. Con los cambios nomenclaturales que realizaron Ron et al. (2016) dejaron a las poblaciones al oeste de los Andes hasta el sur y este de México sin nombre(s), aunque según Frost (2021) está muy claro que ninguna de estas poblaciones será conespecífica con *Trachycephalus typhonius*. Debido a lo anterior se ha usado *T. "vermiculatus"* provisionalmente. La asignación de las poblaciones en Centro América y México no se ha resuelto hasta la fecha.

CITED LITERATURE

- Frost, Darrel R. 2021. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.1 (Accessed February 23rd, 2022). Electronic Database accessible at <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA.
- Ron, S.R., P.J. Venegas, H.M. Ortega-Andrade, L.A.G. Gagliardi-Urrutia & P.E. Salerno. 2016. Systematics of *Ecnomiohyla tuberculosa* with the description of a new species and comments on the taxonomy of *Trachycephalus typhonius* (Anura, Hylidae). *ZooKeys* 630: 115–154.



CROTALUS INTERMEDIUS (VIPERIDAE)

LUCERO HIDALGO-GARCÍA¹, LEONARDO FERNÁNDEZ-BADILLO^{2,3}, DIANA DEL CAMPO-HERNÁNDEZ¹, JESSICA DANIELA OCAÑA-FALCÓN¹, MARIO HERNÁNDEZ-MEDINA¹, IRMA JIMÉNEZ-ORTÍZ¹, ARMANDO FALFÁN CORTÉS¹ & NALLELY MORALES-CAPELLÁN³*

¹Toroto SAPI de CV, Tabasco 166, Roma Norte, Cuauhtémoc, 06700, México.

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

³Predio Intensivo de Manejo de Vida Silvestre X-Flora Reptilia, km 65 carretera México-Tampico, Pilas y Granadas, Metztlán, Hidalgo, 43350, México.

*Correspondence: nallelymco7@gmail.com

Received: 2021-09-24. Accepted: 2022-02-02. Published: 2022-03-03.

Editor: Leticia M. Ochoa Ochoa, México.

México: Hidalgo: Municipio de Apan, ejido Apam, localidad San Sebastián (19.758694° N, 98.478138° W, WGS 84) 2607 m s.n.m., 05 de octubre de 2020, a las 15:07 h. El ejemplar de *Crotalus intermedius* (MZFZ-IMG-341; Fig. 1) representa el primer registro de la especie para el municipio de Apan, Hidalgo y amplía su distribución en el estado en 36.2 km lineales al sur respecto al

registro más cercano de la especie, encontrado en la Sierra de las Navajas en el municipio de Singuilucan (CH-CIB 61; Fernández-Badillo et al., 2016; Fig. 2). La serpiente fue encontrada viva y fotografiada por Mario Hernández Medina dentro de un cultivo de cebada rodeado por matorral xerófilo (Fig. 3). Posteriormente, el 14 de mayo de 2021 a las 16:30 h, dentro del mismo núcleo



Figure 1. *Crotalus intermedius* (MZFZ-IMG-341) from the San Sebastian locality, municipality of Apan, Hidalgo, Mexico. Photo Mario Hernández Medina.

Figura 1. *Crotalus intermedius* (MZFZ-IMG-341) de la localidad de San Sebastián, municipio de Apan, Hidalgo. Foto Mario Hernández Medina.

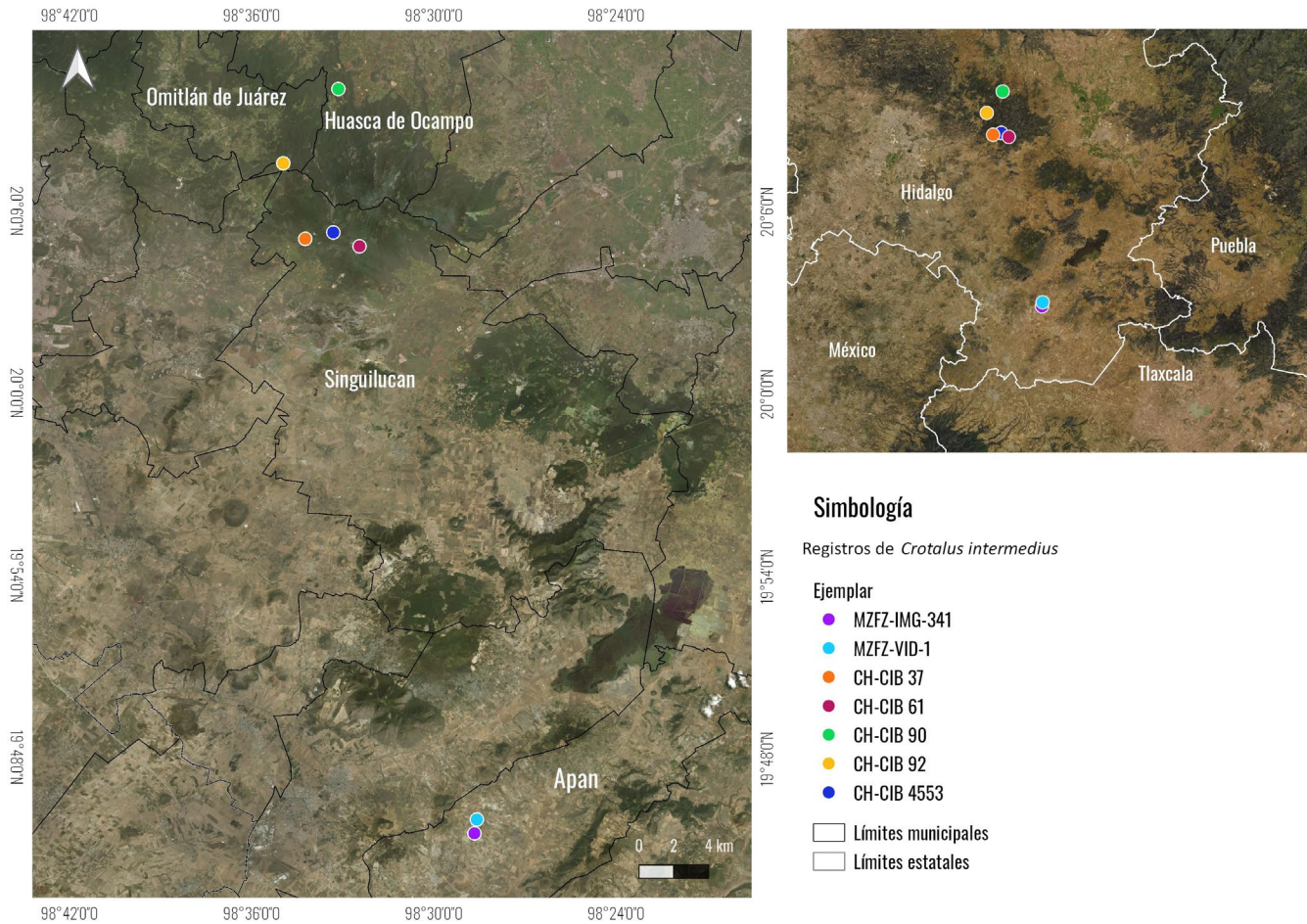


Figure 2. Map of the new records of *Crotalus intermedius* in Apan, Hidalgo, and the published records of Fernández-Badillo et al. (2016) from the Sierra de las Navajas.

Figura 2. Mapa de los nuevos registros de *Crotalus intermedius* en Apan, Hidalgo, y de los registros publicados por Fernández-Badillo et al. (2016) en la Sierra de las Navajas.

agrario, se encontró un segundo individuo de *C. intermedius* (MZFZ-VID-1) a 0.85 km al suroeste del primer avistamiento (19.7663° N, 98.4768° W, WGS 84; 2642 m s. n. m.). Este segundo ejemplar fue encontrado en el suelo entre rocas y pastizales por Irma Jiménez Ortiz, quien, junto a otros residentes locales, lo ahuyentaron del sitio como medida preventiva. Los dos avistamientos aquí reportados, ocurrieron durante las obras de conservación de suelo y agua realizadas por la empresa Toroto SAPI de CV, como parte del Programa integral de manejo para la recarga del acuífero Apan (clave 1320; CONAGUA, 2020) de Grupo Modelo S.A de C.V. Estos registros resultan importantes puesto que *Crotalus intermedius* se encuentra amenazada de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2019) y es una especie de la que se conocen muy pocos registros en el estado de Hidalgo, por lo tanto, es necesario ampliar la información acerca de su distribución en el estado, para poder ubicar sus poblaciones y en algún futuro proponer estrategias para su conservación. Por

otro lado, el presente registro permite llenar un poco el vacío en la distribución de esta especie entre los registros ubicados en el centro del estado de Hidalgo y los del estado de Tlaxcala.

Crotalus intermedius se distribuye en los estados de Hidalgo, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala y Veracruz (Heimes, 2016) y particularmente en Hidalgo, se ha registrado en seis municipios: Huasca de Ocampo, Mineral de la Reforma, Omitlán de Juárez, Pachuca de Soto, Singuilucan y en Tepeji del Río de Ocampo (Campbell & Lamar, 2004; Valencia-Hernández et al., 2007; Fernández-Badillo et al., 2013; Fernández-Badillo et al., 2016; Hernández-Jandete et al., 2017; Ibarra-Bautista et al., 2017).

El registro fotográfico y el video fueron depositados en la Colección Digital de Vertebrados de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México (MZFZ-IMG). La identificación de los ejemplares se



Figure 3. Habitat where the *Crotalus intermedius* specimen was found (MZFZ-IMG-341), locality of San Sebastian, Apan, Hidalgo. Photo Mario Hernández Medina.

Figura 3. Hábitat en donde se encontró al ejemplar de *Crotalus intermedius* (MZFZ-IMG-341), localidad de San Sebastián, Apan, Hidalgo. Foto Mario Hernández Medina.

realizó siguiendo las características diagnósticas recopiladas en Campbell & Lamar (2004) y Heimes (2016) y fue corroborada por Luis Canseco-Márquez.

Agradecimientos.— Agradecemos a Uri O. García Vázquez por permitirnos depositar las fotografías y el video en la MZFZ-IMG. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca de doctorado otorgada para el segundo autor (LFB) con número de becario 371195. Finalmente, se agradece también a Grupo Modelo por fomentar la difusión de los hallazgos hechos a lo largo de la implementación del Programa de recarga.

LITERATURA CITADA

Campbell, J.A. & W.W. Lamar. 2004. The venomous reptiles of the western hemisphere. Vols. 1-2. Comstock Publishing Associates. Ithaca, New York, EUA.

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

Fernández-Badillo, L., N. Morales-Capellán, I. Goyenechea & U. Hernández-Salinas. 2013. Geographic distribution *Crotalus intermedius* (Mexican small-headed rattlesnake). *Herpetological Review* 44:475-476.

Fernández-Badillo, L., C.R. Olvera-Olvera & F. Torres-Angeles. 2016. Distribution notes. *Crotalus intermedius*. *Mesoamerican Herpetology* 3:526-527.

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

Hernández-Jandete, R., L. Fernández-Badillo, A. Ibarra-Bautista & C.R. Olvera-Olvera. 2017. Distribution notes. *Crotalus intermedius* (Troschel, 1865). *Mesoamerican Herpetology* 4:678-679.

Ibarra-Bautista, A., R. Hernández-Jandete, R.D. Arellano-Pinacho & L. Fernández-Badillo. 2017. Distribution notes. *Crotalus intermedius* Troschel, 1865. *Mesoamerican Herpetology* 4:485.



STIFF-LEGGED BEHAVIOR IN THE RIVERO'S TOAD, *RHINELLA HUMBOLDTI* (GALLARDO, 1965) (AMPHIBIA, ANURA, BUFONIDAE)

COMPORTAMIENTO DE PATAS RÍGIDAS EN EL SAPO DE RIVERO, *RHINELLA HUMBOLDTI* (GALLARDO, 1965) (AMPHIBIA, ANURA, BUFONIDAE)

JULIÁN A. ROJAS-MORALES

Subdirección de Investigaciones, Colecciones Biológicas, Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Villa de Leyva, Boyacá, Colombia.

Natural History Laboratory, Integrative Zoological Biodiversity Discovery, Centro de Museos, Museo de Historia Natural, Universidad de Caldas, Calle 65 # 26-10, Manizales, Caldas, Colombia.

*Correspondence: jrojas@humboldt.org.co

Received: 2021-12-03. Accepted: 2022-01-31. Published: 2022-03-03.

Editor: Antonieta Labra Lillo, Chile.

Resumen.— Los sapos del género *Rhinella* son consumidos por una amplia variedad de depredadores tanto vertebrados como invertebrados. En esta nota reporto un comportamiento defensivo concerniente en la extensión rígida de las patas traseras en la especie *Rhinella humboldti*. Sugiero que dicho comportamiento puede estar orientado a facilitar el camuflaje y limitar la capacidad de ingestión de depredadores con bocas pequeñas, como algunas serpientes juveniles.

Palabras claves.— Anuros, Colombia, comportamiento defensivo, relación depredador-presa.

Abstract.— Toads of the genus *Rhinella* are consumed by a wide variety of vertebrate and invertebrate predators across the Neotropics. In this note, I report a stiff-legged behavior in the species *Rhinella humboldti* and suggest that such behavior may be aimed at facilitating camouflage and limiting the ability to be ingested by predators with small mouths, such as some juvenile snakes.

Key words.— Anurans, Colombia, defensive behavior, prey-predator relationship.

Forest-floor anuran dwelling species display a wide array of defensive behaviors to avoid predation, from immobility and thanatosis to active escape (Duellman & Trueb, 1994; Toledo et al., 2011). Toads of the genera *Rhinella* are terrestrial, mainly nocturnal and widely distributed across the Neotropics (Duellman & Trueb, 1994; Pereyra et al., 2021). They are predated by a several different groups, including invertebrates (Toledo 2005), other amphibians (Guimarães et al., 2004), alligators (Gorzula, 1978), snakes (Guedes et al., 2018), birds (Carvalho, 1941), and mammals (Cintra, 1988). Different defensive tactics has been described for *Rhinella* spp. including corporal displays and to expel a chemical defenses from parotoid venom glands (Toledo et al., 2011). *Rhinella humboldti* (Gallardo, 1965) is a medium-sized toad (30–70 mm snouth vent length, SVL) inhabiting dry-forest and grasslands of Northern South America in Colombia, Venezuela, Guyana, Surinam and Trinidad and Tobago Island below 1000 m a.s.l. (Torres-Suarez & Vargas-Salinas, 2014).

While I carried out a herpetological inventory at the Cumaco Village, Ponedera Municipality, Department of Atlántico, Colombia (10.678501°N, -74.838162°W; WGS84; 48 m a.s.l.) on 08 March 2021, I encountered 13 adult individuals of *R. humboldti* (SVL= 29.00 – 61.3 mm) from 18:00 to 19:00 h. All toads were registered moving or resting on the forest floor inside a gallery forest with a deep leaf-litter (20 – 30 cm). While handled individuals to take measurements and photographs, two of them displayed stiff-legged behavior (Sazima, 1978). Individuals flattened its body and stretched out right leg and twisted arms (Fig. 1A). They remained in this position for over 45 sec and then stay immobile on the soil (Fig. 1B).

This stiff-legged behavior of *R. humboldti* is different to those displayed by other neotropical bufonids such as the genus *Dendrophryniscus* (Bertolucci et al., 2007), *Osornophryne* (Escobar-Lasso and González-Durán, 2012), or even the closely related *R. granulosa* (Mângia & Santana, 2013). While both legs

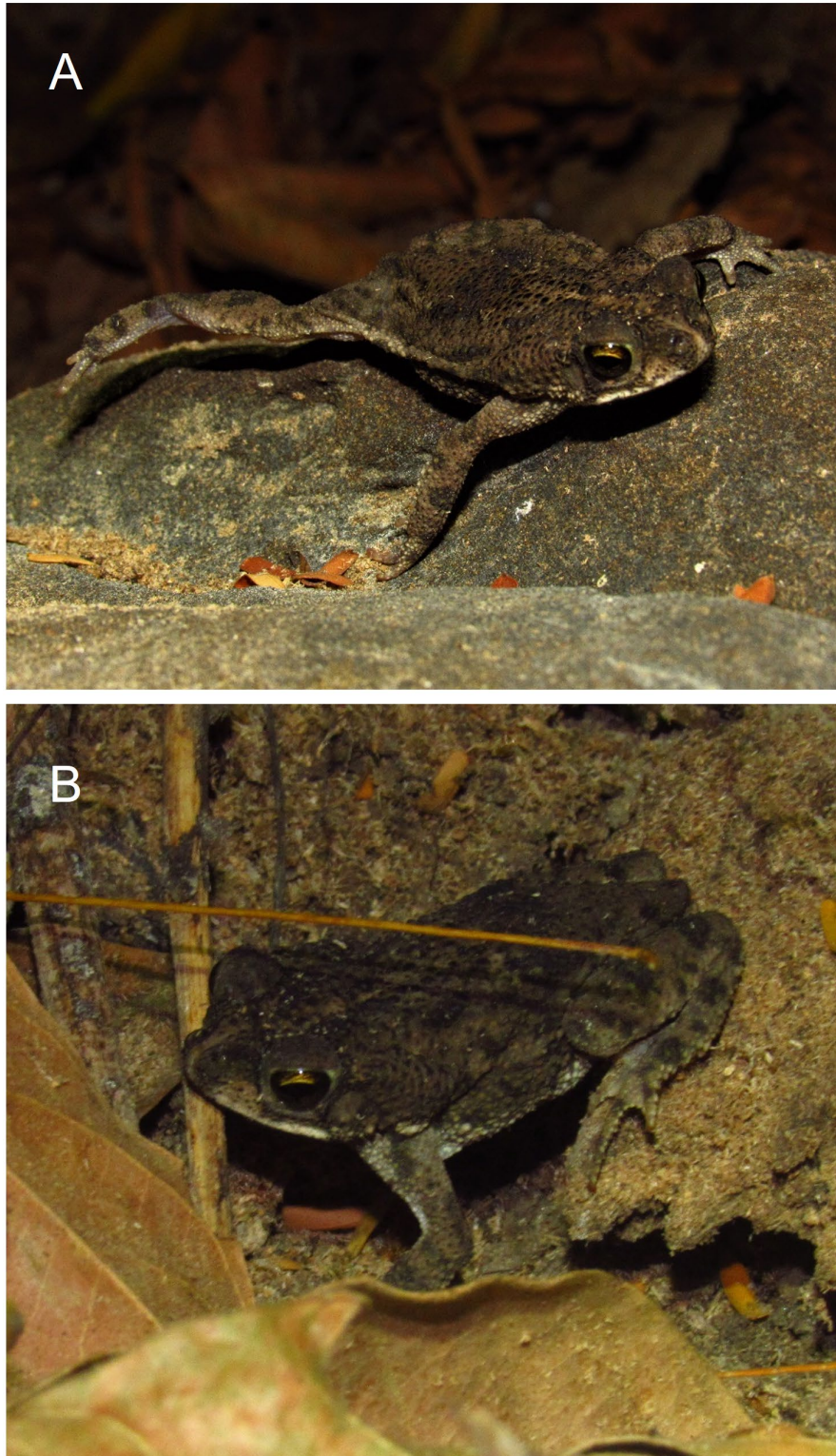


Figura 1. Individuo de *Rhinella humboldti* del Municipio de Ponedera, Departamento del Atlántico, Colombia, con comportamiento de patas rígidas (A), y en posición de reposo en el suelo (B).

Figure 1. Individual of *Rhinella humboldti* from Municipality of Ponedera, Department of Atlántico, Colombia, displaying stiff-legged behavior (A), and in resting position on the ground (B).

are rigidly extended in the aforementioned species, stretched out right leg and twisted arms are displayed by *R. humboldti*. Sazima (1978) associated this stiff-legged behavior, added to the cryptic appearance, to a camouflage strategy during a possible predation event, where individuals exhibiting this display resemble a detached leaf confusing predator. Also, stretching the limbs would increase the cross-sectional area for a potential predator, making ingestion difficult especially for a predator with a limited head-size, as some species and juveniles of forest-floor snakes (Marques de Abreu, 2021).

Acknowledgments.– To Ecotropicos SAS for logistic and financial support. Thanks to the local guides and farmers for permissions to carry out fieldwork. I deeply appreciate observations and comments made by referees who improved the final version.

LITERATURE CITED

- Bertolucci, J., R.A. Brassaloti, H.O Sawakuchi, J.W. Ribeiro JR. & G. Woehl JR. 2007. Defensive behavior with stiff-legged posture in the Brazilian tree toads *Dendrophryniscus brevipollicatus* and *D. leucomystax* (Anura, Bufonidae). *Alytes* 25:1-2.
- Carvalho, A.L. 1941. Observações sobre casos de batracofagia entre as aves. *Memorias Instituto Oswaldo Cruz* 35:575-576.
- Cintra, R. 1988. *Bufo marinus* (Marine Toad). Predation. *Herpetological Review* 19:82.
- Duellman, W.E. & L. Trueb. 1994. *Biology of Amphibians*. Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press.
- Escobar-Lasso, S. & G.A. González-Durán. 2012. Strategies employed by three Neotropical frogs (Amphibia: Anura) to avoid predation. *Herpetology Notes* 5:79-84.
- Gorzula, S.J. 1978. An ecological study of *Caiman crocodilus crocodilus* inhabiting Savanna lagoons in the Venezuelan Guayana. *Oecologia* 35:21-34.
- Guedes, T.B., I. Sazima & O.A.V. Marques. 2018. Does swallowing a toad require any specialisation? Feeding behaviour of the dipsadid snake *Philodryas nattereri* on the bufonid toad *Rhinella jimi*. *Herpetology Notes* 11:825-828.
- Guimarães, L.D., R.M. Pinto & R.F. Juliano. 2004. *Bufo granulatus* (NCN). Predation. *Herpetological Review* 35:259.
- Mângia, S. & D.J. Santana. 2013. Defensive behavior in *Rhinella granulosa* (Spix, 1824) (Amphibia: Anura: Bufonidae). *Herpetology Notes* 6:45-46.
- Marques de Abreu, L., M. dos Santos, J.E. de Matos-Santos & M.V. Ribeiro. 2021. Attempted predation of *Physalaemus erikae* (Anura, Leptodactylidae) by *Xenopholis scalaris* (Wucherer, 1861; Colubridae) in southern Bahía, Brazil. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 4(2):126-128.
- 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* 447:1-155.
- Sazima, I. 1978. Convergent defensive behavior of two leaf-litter frogs of southeastern Brazil. *Biotropica* 10(2):158.
- Toledo, L.F. 2005. Predation of juvenile and adult anurans by invertebrates: current knowledge and perspectives. *Herpetological Review* 36(4):395-400.
- Toledo, L.F., I. Sazima & C.F.B. Haddad. 2011. Behavioural defences of anurans: an overview. *Ethology Ecology & Evolution* 23:1-25.
- Torres-Suárez, O.L. & F. Vargas-Salinas. 2014. *Rhinella humboldti* (Gallardo, 1965). Sapito común, Sapito de Rivero. *Catálogo de Anfibios y Reptiles de Colombia* 2(2):19-23.



NUEVO REGISTRO DE *ANELYTROPSIS PAPILLOSUS* COPE, 1885 (SQUAMATA: DIBAMIDAE) PARA EL MUNICIPIO DE COMAPA, EN EL CENTRO-OESTE DE VERACRUZ, MÉXICO

NEW RECORD OF *ANELYTROPSIS PAPILLOSUS* COPE, 1885 (SQUAMATA: DIBAMIDAE) FOR THE MUNICIPALITY OF COMAPA, IN THE CENTRAL-WESTERN OF VERACRUZ, MEXICO

JOSÉ ADRIÁN MONTIEL-VERANZA¹, VÍCTOR VÁSQUEZ-CRUZ^{2*} & IRVING MORALES-LEAL³.

¹Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Calle 25, Reserva Territorial, Mpio. de Huatusco, C.P. 94106, Veracruz, México.

²PIMVS Herpetario Palancoatl, Avenida 19 número 5525, Colonia Nueva Esperanza, Córdoba, Veracruz, México.

³Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, camino viejo Peñuela-Amatlán de los Reyes S/N. Mpio. de Amatlán de los Reyes, C.P. 94950, Veracruz, México.

*Correspondence: victorbiolvc@gmail.com

Received: 2021-10-22. Accepted: 2022-02-04. Published: 2022-03-03.

Editor: Irene Goyenechea Mayer Goyenechea, México.

La Lagartija Ciega Mexicana, *Anelytropsis papillosus*, es una especie pequeña (longitud total = 200-500 mm), sin extremidades, con ojos vestigiales cubiertos por escamas y carece de orificios auriculares externos (Campbell, 1974). La información sobre su ecología e historia natural es escasa, debido a que es una especie de hábitos fosoriales, ovípara y que habita en los bosques tropicales húmedos, bosques templados y vegetación caducifolia semiárida, tanto en hábitat primario como en el hábitat secundario cerca del bosque primario (Campbell, 1974; Canseco-Márquez et al., 2007). Es endémica de México y se distribuye en el centro de Veracruz, el este de San Luis Potosí, el suroeste de Tamaulipas, noreste de Querétaro, norte de Oaxaca e Hidalgo (Campbell, 1974; Valdez-Villavicencio et al., 2016). En el presente trabajo presentamos una nueva localidad para la especie en el centro-oeste del estado de Veracruz, México.

El 21 de febrero del 2021, alrededor de las 15:15 h, encontramos un individuo de *Anelytropsis papillosus* (LT = 150 mm; Fig. 1) en la localidad de Comalcuavilt (19.092° N, 96.7117° O; WGS 84; elev. 525 m), Municipio de Comapa. El individuo fue fotografiado y liberado en el mismo sitio de observación. Depositamos un vale fotográfico en la colección herpetológica colección digital del Natural History Museum of Los Angeles (LACM PC 2828, LACM PC 2829, LACM PC 2830). El individuo se encontró debajo de un tronco con alto grado de descomposición, el cual se encontraba

Figure 1 (right). Individual of *Anelytropsis papillosus* (LACM PC 2828, LACM PC 2829, LACM PC 2830) from municipality of Comapa, Veracruz, México.

Figura 1 (derecha). Individuo de *Anelytropsis papillosus* (LACM PC 2828, LACM PC 2829, LACM PC 2830) del municipio de Comapa, Veracruz, México.



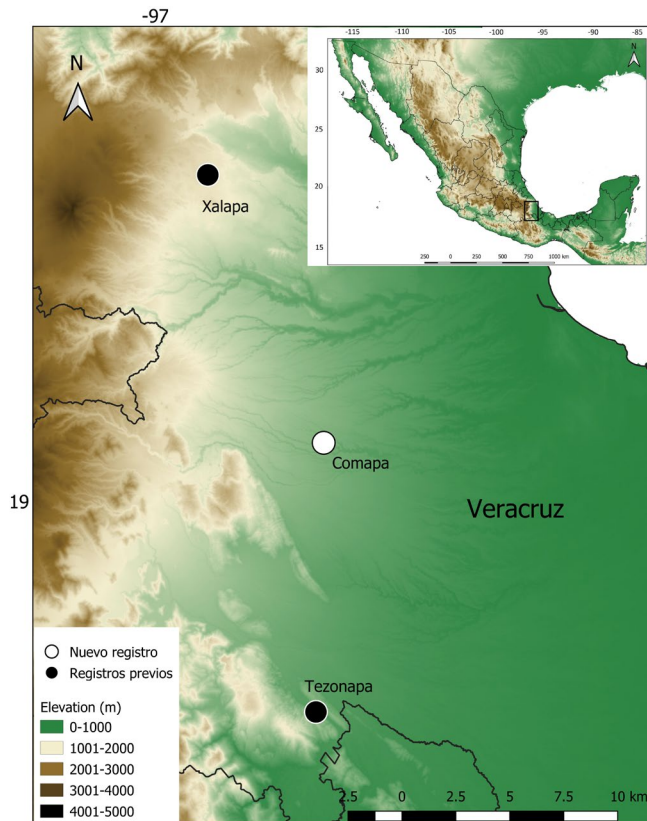


Figure 2. Geographic distribution of *Anelytropsis papillosus* from the state of Veracruz, Mexico. New locality in Comapa (LACM PC 2828; white dot) and previous locations (black spots) in the municipalities of Xalapa (Cope, 1885) and Tezonapa (Gadow, 1905).

Figura 2. Distribución geográfica de *Anelytropsis papillosus* en el estado de Veracruz, México. Nueva localidad en Comapa (LACM PC 2828; punto blanco) y localidades previas (puntos negros) en los municipios de Xalapa (Cope, 1885) y Tezonapa (Gadow, 1905)

expuesto al sol y el sustrato bajo el tronco era húmedo y poco firme. El área se encontraba altamente perturbada por actividades agrícolas. En el estado de Veracruz, solo se ha reportado la especie en dos localidades del centro-oeste: “cerca de Xalapa”, la localidad tipo (Cope, 1885), y Motzorongo, en el municipio de Tezonapa (Gadow, 1905), siendo este último el único en la región de las Altas Montañas.

Esta observación representa un nuevo registro para el Municipio de Comapa, Veracruz (Fig. 2), a 51 Km N del registro más cercanos conocidos previamente en el municipio de Tezonapa (Gadow, 1905). Cabe señalar que los registros de *Anelytropsis papillosus* presentan una brecha temporal de 115 años entre el presente registro y el anteriormente reportado para Veracruz por Gadow (1905). Uno de los motivos más probables de esta brecha temporal podría deberse a sus hábitos fosoriales, por lo que escapa fácilmente de la atención humana.

En cuanto a su conservación, existen diferencias entre los sistemas de categorización: *A. papillosus* figura en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como Amenazada (SEMARNAT, 2010), en Red List de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Canseco-Márquez et al., 2007) como en Preocupación Menor y en la categoría de vulnerabilidad media de acuerdo al Environmental Vulnerability System (Wilson et al., 2013). Sin embargo, se considera como amenaza principal la pérdida de calidad y extensión del hábitat en su área de distribución discontinua y poco conocida (Canseco-Márquez et al., 2007; SEMARNAT, 2010; Wilson et al., 2013). Particularmente en la localidad de Comalcuavilt, la selva y pastizal original ha sido transformado por el cultivo de limón y de maíz, por lo que esta población recientemente descubierta podría encontrarse en riesgo.

Agradecimientos.— A Neftalí Camacho por catalogar la fotografía, a Luis Canseco-Márquez por verificar la especie y a dos revisores anónimos por sus comentarios que ayudaron a mejorar el manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Campbell, H.W. 1974. *Anelytropsis*, *A. papillosus*. Catalogue of American Amphibians and Reptiles 156.1-156.2.
- Canseco-Márquez, L., F. Mendoza-Quijano & P. Ponce-Campos. 2007. *Anelytropsis papillosus*. In IUCN 2021. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2021-2. <http://www.iucnredlist.org> [Consultado en octubre 2021].
- Cope, E.D. 1885. A contribution to the herpetology of Mexico. Proceedings of the American Philosophical Society 22:379-382.
- Gadow, H. 1905. The distribution of Mexican amphibians and reptiles. Proceedings of the Zoological Society of London 2:191-242.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, jueves 30 de diciembre de 2010, Ciudad de México, Mexico.
- Valdez-Villavicencio, J., E. García-Padilla & V. Mata-Silva. 2016. *Anelytropsis papillosus* Cope, 1885 (Squamata: Dibamidae), an overlooked species in the state of Oaxaca, Mexico. Mesoamerican Herpetology 3(1):178-180.

Wilson, L.D., V. Mata-Silva & J.D. Johnson. 2013. A conservation reassessment of the reptiles of Mexico based on the EVS measure. Special Mexico Issue. *Amphibian & Reptile Conservation* 7:1-47.



CONFIRMACIÓN Y NUEVOS REGISTROS DE HERPETOFAUNA PARA QUERÉTARO, MÉXICO A TRAVÉS DE UN PORTAL DE CIENCIA CIUDADANA

CONFIRMATION AND NEW RECORDS OF HERPETOFAUNA FOR QUERÉTARO, MEXICO THROUGH A CITIZEN SCIENCE PORTAL

MAURICIO TEPOS-RAMÍREZ¹, CRISTHIAN ALEJANDRO PERALTA-ROBLES², OSCAR RICARDO GARCÍA-RUBIO², ALISON KHADIJE SALINAS OLGUÍN¹, RAÚL HERNÁNDEZ ÁRCIGA³, RICARDO CERVANTES JIMÉNEZ¹ & FÁTIMA SOLEDAD GARDUÑO-FONSECA^{1*}

¹Coordinación de Gestión para la Sustentabilidad, Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas s/n C.P. 76010, Santiago de Querétaro, Qro.

²Laboratorio de Biodiversidad e Integridad Biótica, Facultad de Ciencias Naturales, Campus Aeropuerto, Universidad Autónoma de Querétaro.

³Coordinación de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial. Conjunto Administrativo Pozuelos, Vialidad 1 S/N, Centro, 36000. Guanajuato, Gto.

*Correspondence: soleo499@gmail.com

Received: 2021-10-08. Accepted: 2022-01-20. Published: 2022-03-10.

Editor: Leticia M. Ochoa Ochoa, México.

Abstract.— Science must yield reliable information that strengthens the growth of knowledge. Citizen science can be a very useful tool in the study of the biodiversity of flora and fauna in different environments, especially in those where access conditions or human resources are limited, getting more impediments to carrying out adequate research for the registration of new species. In the present work, seven new records of amphibians and reptiles were validated for the state of Querétaro, previously presented in the citizen science portal Naturalista. Some of these records are important because they demarcate the distribution limits of some species (e.g. *Craugastor rhodopsis* and *Storeria dekayi*), in addition to the fact that some records belong to exotic species with high invasive potential (e.g. *Trachemys scripta* and *T. venusta*).

Keywords.— Amphibians, *Bolitoglossa platydactyla*, Naturalista, reptiles, *Storeria dekayi*

Resumen.— En la actualidad la ciencia debe de ser concisa y verificada, donde la información brindada fortalezca el conocimiento. La ciencia ciudadana puede ser una herramienta muy útil en el estudio de la diversidad de flora y fauna en distintos ambientes, especialmente en aquellos en los que las condiciones de acceso o el recurso humano es limitado y conlleva ciertos impedimentos para llevar a cabo investigación adecuada para el registro de nuevas especies. En el presente trabajo, se validaron siete nuevos registros de anfibios y reptiles del estado de Querétaro, previamente reportados en el portal de ciencia ciudadana Naturalista. Dichos registros resultan de importancia debido a que algunos demarcan los límites de distribución de algunas especies (e. g. *Craugastor rhodopsis* y *Storeria dekayi*), además de que algunos registros pertenecen a especies exóticas con alto potencial invasivo (e. g. *Trachemys scripta* y *T. venusta*).

Palabras clave.— Anfibios, *Bolitoglossa platydactyla*, Naturalista, reptiles, *Storeria dekayi*.

La ciencia nos aporta conocimiento para comprender de mejor manera la interacción ecológica que existe en nuestro entorno, de esta manera la ciencia ciudadana comienza a jugar un papel

relevante en el registro de la biodiversidad a través de distintas plataformas electrónicas (Saoud & Fontaine, 2018). Lo anterior es especialmente relevante debido a que, desde hace dos décadas, la

actividad científica es potencialmente accesible para la mayoría de la población (Greenwood, 2007; Silvertown, 2009). Entre las ventajas e importancia de la ciencia ciudadana destacan su capacidad de involucrar a un gran número de voluntarios que pueden generar observaciones a escalas o resoluciones difíciles de cubrir con los recursos tradicionales de los grupos de investigación, además de que combinan diferentes perspectivas que permiten llevar a cabo el análisis de potenciales proyectos de conservación (Kobori et al., 2016).

No obstante, la ciencia ciudadana implica ciertos retos que dependen de la disciplina con la que colaboran, pero sin duda el tema más crítico es el control de calidad de los datos (Saoud & Fontaine, 2018). En el caso de la herpetofauna, la identificación de los ejemplares a través de una fotografía puede resultar complejo dado que el análisis de algunos caracteres morfológicos externos, como las membranas en las extremidades de anfibios o el conteo de escamas en reptiles puede ser impreciso y dificulta la determinación entre especies, incrementando la incertidumbre de los listados. Por ello, los registros de los distintos recursos de ciencia ciudadana deben ser analizados con gran detalle y, en

ciertos casos, resulta indispensable corroborar la identidad de la especie en campo para poder reportarla de manera formal.

En este estudio presentamos los primeros registros formales de tres especies de anfibios y cuatro especies de reptiles en el estado de Querétaro, México (Fig. 1). Los especímenes fueron publicados inicialmente en la plataforma electrónica Naturalista (<https://www.naturalista.mx/>); para este trabajo confirmamos la presencia de las especies a través de avistamientos directos y registros fotográficos obtenidos en salidas de campo (*Bolitoglossa platydactyla*, *Craugastor pygmaeus*, *Craugastor rhodopis*, *Storeria dekayi*, *Trachemys scripta* y *T. venusta*), así como fotografías de Naturalista corroboradas por el autor del registro en el caso de *Graptemys pseudogeographica*. Los registros fotográficos fueron depositados en la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles (CNAR) del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Bolitoglossa platydactyla (Gray, 1831), esta salamandra se distingue por presentar una banda ancha de color amarillo o naranja en la región dorsal del cuerpo y de la cola (Köhler, 2013). Se distribuye en los bosques tropicales en México a través de la vertiente del Golfo de México en Tamaulipas y Veracruz, hasta los estados Hidalgo, Puebla, Oaxaca y Chiapas, generalmente por debajo de los 1300 m s.n.m. (Frost, 2021). Esta especie ha sido reportada en los estados vecinos de Hidalgo y San Luis Potosí (Canseco-Márquez et al., 2000; Hernández et al., 2008, Lemos & Dixon, 2013).

México: Querétaro: Municipio de Landa de Matamoros, en la comunidad de Neblinas (21.266861 N, 99.057833 W, WGS 84, 919 m s.n.m.), 29 de noviembre de 2020. Se encontró un ejemplar adulto de *B. platydactyla* a las 17:43 h, debajo de una roca, en una porción de bosque tropical subcaducifolio, en ecotono con bosque mesófilo de montaña, donde se presentan especies tales como pochote (*Ceiba* sp.), olmo (*Ulmus* sp.), encinos (*Quercus* spp.) y cerezo (*Aphananthe* sp.; Fig. 2). El espécimen fue localizado y fotografiado por Ezau Garay Hernández y Jesús de Jair Garay Hernández. La fotografía se depositó en la CNAR bajo el número de voucher IBH-RF 648.

Craugastor rhodopis (Cope, 1867), es una especie de rana en la cual el pulgar y algunos dedos de las cuatro extremidades carecen de almohadillas ventrales (Köhler, 2013). Se conocen poblaciones en las regiones altas de Veracruz e Hidalgo, así como en el sureste de Chiapas y Oaxaca entre 100-1000 m s.n.m. (Frost, 2021). Esta especie ha sido reportada en el estado de Hidalgo por Streicher et al. (2014).

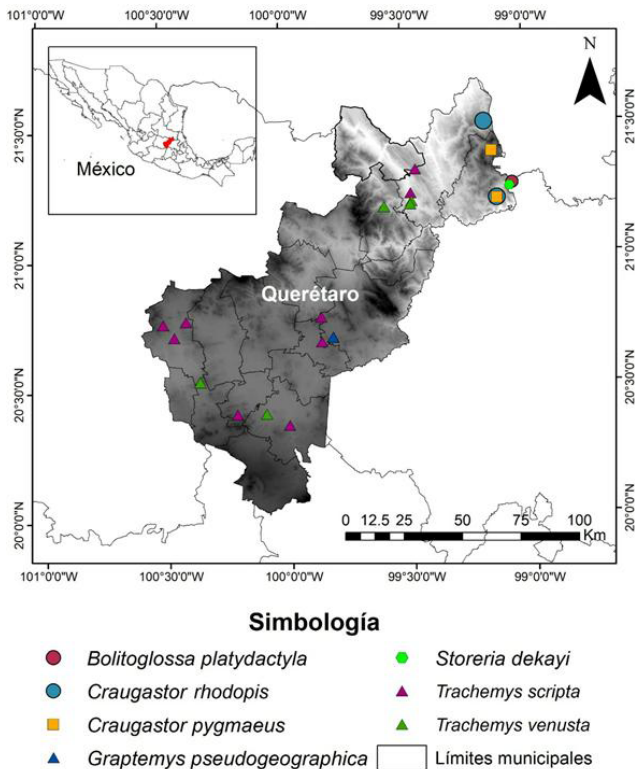


Figure 1. Distribution of specimens in the state of Querétaro.

Figura 1. Distribución de los especímenes en el estado de Querétaro.





Figure 2. *Bolitoglossa platydactyla* from Neblinas locality, Landa de Matamoros, Querétaro, Mexico. Photo: Ezau Garay Hernández.

Figura 2. *Bolitoglossa platydactyla* proveniente de la localidad Neblinas, Landa de Matamoros, Querétaro, México. Foto: Ezau Garay Hernández.

México: Querétaro: Municipio de Jalpan de Serra, en la comunidad de Valle Verde (21.503389 N, 99.166528 W O, WGS 84, 1307 m s.n.m.). El 11 de agosto de 2015, Mauricio Tepos

Ramírez encontró un ejemplar adulto de *C. rhodopsis* a las 08:15 h descansando en la hojarasca, el tipo de vegetación corresponde a bosque mesófilo de montaña. La fotografía del espécimen se depositó en la CNAR bajo el número de voucher IBH-RF 647 (Fig. 3).

Municipio de Landa de Matamoros, La Yesca, Qro. (21.214916 N, 99.122027 W, WGS 84, 1835 m s.n.m.). El 27 de agosto de 2021 Cristhian Peralta Robles encontró un ejemplar de *C. rhodopsis* a las 14:45 h, mientras se asoleaba en la hojarasca, la vegetación predominante en el lugar es bosque mesófilo de montaña. Adicionalmente, existen tres registros en la plataforma Naturalista, ubicados en Agua Zarca y Puerto Hondo en el municipio de Landa de Matamoros (Tabla 1).

Craugastor pygmaeus (Taylor, 1937), esta rana se identifica por no tener pliegue tarsal interno, dientes vomerianos y en los machos no está presente la almohadilla nupcial en el pulgar (Köhler, 2013). Su distribución se extiende desde el sureste de Michoacán hasta el extremo oeste de Guatemala. En México se ha registrado en los estados de Oaxaca, Puebla, Guerrero, Chiapas, Sinaloa, México, Jalisco, Veracruz, Nayarit y Tabasco (Ahumada et al., 2013), en un rango altitudinal que va desde los 0 hasta los 2000 m s.n.m.

México: Querétaro: Municipio de Landa de Matamoros, La Yesca (21.210806 N, 99.122111 W, WGS 84, 1893 m s.n.m.), 26 de agosto del 2021. Geovani Gómez Recoder observó un ejemplar de *C. pygmaeus* a las 16:06 h, el espécimen se encontraba descansando



Figure 3. *Craugastor rhodopsis*, Valle Verde, Jalpan de Serra. Photo: Oscar R. García.

Figura 3. *Craugastor rhodopsis*, Valle Verde, Jalpan de Serra. Foto: Oscar R. García.

Table 1. Records obtained from the citizen science platform of some of the species reported in this work.**Tabla 1.** Registros obtenidos de la plataforma de ciencia ciudadana de algunas de las especies reportadas en este trabajo..

Especie	Usuario	Municipio	Año	Coordenadas		Elevación (m s.n.m.)	Datum
				N	O		
<i>Craugastor rhodopis</i>	Juan Cruzado Cortez	Landa de Matamoros	2008	21.39694	99.171944	2013	WGS84
	Ecochavos_Aguazarca	Landa de Matamoros	2018	21.214167	99.011306	437	WGS84
<i>Craugastor pygmaeus</i>	Ecochavos_Aguazarca	Landa de Matamoros	2018	21.250639	99.183944	1740	WGS84
	Juan Cruzado Cortez	Landa de Matamoros	2008	21.390583	99.139417	2180	WGS84
	José Belem Hernández Díaz	Cadereyta de Montes	2012	20.770139	99.857750	1162	WGS84
<i>Trachemys scripta</i>	José Belem Hernández Díaz	Cadereyta de Montes	2017	20.692083	99.811972	2037	WGS84
	José Belem Hernández Díaz	Ezequiel Montes	2019	20.675389	99.857333	2040	WGS84
	Laura Elvira Uribe Lara	San Juan del Río	2016	20.357500	99.999250	1946	WGS84
	tochtli1980	Querétaro	2017	20.764250	100.412139	1988	WGS84
	Mauricio Velázquez	Pedro Escobedo	2018	20.403889	100.210444	2129	WGS84
	Jessica Gretel	Jalpan de Serra	2018	21.327306	99.453694	1367	WGS84
	Jacinto Gildardo	Querétaro	2019	20.755111	100.506278	2172	WGS84
	Ulises Torres	Jalpan de Serra	2013	21.236722	-99.475083	722	WGS84
	Dereklarson	Pinal de Amoles	2016	21.186694	99.585750	1746	WGS84
	Laura Elvira Uribe Lara	Querétaro	2016	20.532056	100.361028	2249	WGS84
<i>Trachemys venusta</i>	José Belem Hernández Díaz	Cadereyta de Montes	2018	20.691361	99.811028	2036	WGS84
	Claudia Loeffler	Jalpan de Serra	2018	21.205944	99.472972	773	WGS84
	Salvador Sánchez	San Juan del Río	2021	20.402861	100.091861	1928	WGS84
	Rocío Miranda	Jalpan de Serra	2021	21.194472	99.477944	787	WGS84
<i>Storeria dekayi</i>	Chris Grünwald	Landa de Matamoros	2019	21.2785	99.150754	1651	WGS84



Figure 4. *Craugastor pygmaeus*, La Yesca, Landa de Matamoros. Photo: Oscar R. García.
Figura 4. *Craugastor pygmaeus*, La Yesca, Landa de Matamoros. Foto: Oscar R. García.

debajo de la hojarasca, el tipo de vegetación de la zona es bosque mesófilo de montaña (Fig. 4). La fotografía fue tomada por Oscar Ricardo García Rubio y posteriormente ingresada a la CNAR bajo el número de voucher IBH-649. Adicionalmente existe un registró un ejemplar en la plataforma Naturalista (Tabla 1).

Gratemys pseudogeographica (Gray, 1831), esta especie de tortuga se caracteriza por tener un caparazón de color verde olivo con protuberancias negras en la segunda, tercera y cuarta vértebra (Vogt, 1995). Es una especie que habita en los afluentes del río Mississippi en Estados Unidos, dentro de los estados de Chicago, Oklahoma, Dakota del Sur, Texas, entre otros. En México es considerada una especie exótica muy popular como mascota y se ha reportado su presencia en diferentes estados como Ciudad de México, Jalisco y Tepic (Cruz-Saénz et al., 2013).

México: Querétaro: Municipio de Cadereyta de Montes, Colonia Las Fuentes (21.691591 N, 99.811655 W, WGS 84, 2037 m s.n.m.), 3 de mayo del 2017. José Belem Hernández Díaz registró un ejemplar de *Gratemys pseudogeographica* el día 03 de mayo



Figure 5. *Gratemys pseudogeographica*, Estanque Col. Las Fuentes, Cadereyta de Montes. Photo: Belem Hernández
Figura 5. *Gratemys pseudogeographica*, Estanque Col. Las Fuentes, Cadereyta de Montes. Foto: Belem Hernández.



Figure 6. *Trachemys scripta*, Parque Zona de Patos, Col. Juriquilla, Querétaro. Photo: Oscar R. García.

Figura 6. *Trachemys scripta*, Parque Zona de Patos, Col. Juriquilla, Querétaro. Foto: Oscar R. García.

de 2017 en la colonia Las Fuentes, municipio de Cadereyta de Montes. El ejemplar fue observado en un estanque artificial frente al Jardín Botánico Finca Schmoll. El fotoregistro se almacenó en la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles bajo el número de voucher IBH-RF 651 (Fig. 5). Esta es una especie endémica de Estados Unidos de América (Cruz-Saénz et al., 2013), por lo que es probable que sea un ejemplar liberado en la zona de avistamiento (un cuerpo de agua artificial). Nori et al. (2017), mencionan que en Argentina esta especie, al igual que *Trachemys scripta*, han mostrado un gran potencial invasivo en cuerpos de agua dulce.

Trachemys scripta (Thunberg In Schoepff, 1792), es una especie de tortuga que se caracteriza por poseer una mancha postorbital ovalada de color rojo brillante en la cabeza, así como un patrón de franjas transversales en el caparazón (Soria-Guzmán, 2016). Su distribución original incluía Estados Unidos y parte del Golfo de México, aunque actualmente esta especie se encuentra distribuida en América, Europa y Oceanía donde se han reportado el establecimiento de colonias reproductivas (Barquero, 2001; Semenov, 2010).

México: Querétaro: Municipio de Querétaro, Col. Juriquilla, Parque Zona de Patos (20.704664 N, 100.461882 W, WGS 84, 1878 m s.n.m.), 28 de enero de 2020. A las 12:30 h. Oscar Ricardo García Rubio registró un grupo de cuatro ejemplares tomando el sol en la orilla del río que está franqueado por vegetación riparia dominada por sauces (*Salix bonplandiana*), carrizo (*Arundo*

donax), además de mezquites (*Prosopis laevigata*). El fotoregistro se almacenó en la CNAR bajo el número de voucher IBH-RF 652 (Fig. 6). Actualmente existen ocho registros de *Trachemys scripta* para el estado de Querétaro en la plataforma Naturalista (Tabla 1).

Trachemys venusta (Gray, 1855), esta especie se caracteriza por tener un patrón plastral difuminado con ocelos de color naranja amarillento ubicados en las esquinas distales de las escamas pleurales (Soria-Guzmán, 2016). La distribución original de esta especie incluye los afluentes del río San Fernando, Tamaulipas a Tuxpan, Veracruz (Legler & Vogt, 2013).

México: Querétaro: Municipio de Jalpan de Serra, Jalpan, Presa Jalpan (21.204888 N, 99.470777 W, WGS 84, 775 m s.n.m). 14 de junio de 2019. Se registró un ejemplar de *T. venusta* a las 16:20 h, por Raúl Hernández Árciga. El fotoregistro se almacenó en la CNAR bajo el número de voucher IBH-RF 653 (Fig. 7). Actualmente, la especie presenta ocho registros en la plataforma Naturalista (Tabla 1).

Storeria dekayi (Holbrook, 1839), es una culebra con coloración dorsal canela, café o anaranjado. Con escamas dorsales aquilladas en todo el cuerpo, no presenta escama loreal, la escama temporal anterior no presenta marca oscura, y si está presente únicamente se encuentra en el margen de la escama (Campbell, 1998; Ramírez et al., 2014). Esta especie se distribuye desde la costa este de Canadá, atravesando Estados Unidos y



Figure 7. *Trachemys venusta*, Presa Jalpan, Jalpan de Serra. Photo: Raúl Hernández Arciga.

Figura 7. *Trachemys venusta*, Presa Jalpan, Jalpan de Serra. Foto: Raúl Hernández Arciga.

México, hasta Centroamérica en los países de Honduras, Belice y Guatemala, cabe destacar que se reconocen varias subespecies a través de su distribución (Agan, 2013; Barton et al., 2015). En México se distribuye en la costa del Golfo y la Sierra Madre Oriental en los estados de Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Puebla e Hidalgo (Campbell, 1998; Fernández-Badillo et al., 2016).

México: Querétaro: Municipio Landa de Matamoros, Neblinas (21.254556 N, 99.068639 W, WGS 84, 1275 m s.n.m.) 28 de agosto del 2021. Se registró un ejemplar de *S. dekayi* el día 28 de agosto del 2021 a las 13:45 h por Mauricio Tepos Ramírez, la cual fue encontrada en el suelo de un potrero con vegetación circundante de bosque mesófilo de montaña. El fotoregistro se almacenó en la CNAR bajo el número de voucher IBH-RF 650 (Fig. 8). Adicionalmente se encuentra un registro en la plataforma Naturalista (Tabla 1).

En este trabajo se reportan siete nuevos registros en cuatro municipios (Cadereyta de Montes, Jalpan de Serra, Landa de Matamoros y Querétaro). Los ejemplares, *B. platydactyla*, *C. pygmaeus* y *S. dekayi* fueron registradas en el municipio de Landa de Matamoros; *C. rhodopsis* en Jalpan de Serra; *T. scripta* registrada en el municipio de Querétaro; *T. venusta* y *G. pseudogeographica* en el municipio de Cadereyta de Montes. Los autores consideramos que debido la cantidad de nuevos registros reportados para los municipios de Jalpan de Serra y Landa de Matamoros se debería aumentar el esfuerzo de monitoreo con el objetivo de documentar la diversidad de dichos municipios.

Agradecimientos.— Agradecemos al grupo Neblinas Vivo y a todos sus integrantes quiénes diariamente participan en la difusión y conservación de la biodiversidad dentro de la Reserva



Figure 8. *Storeria dekayi*, Neblinas, Landa de Matamoros. Photo: Oscar R. García. / **Figura 8.** *Storeria dekayi*, Neblinas, Landa de Matamoros. Foto: Oscar R. García.

de la Biosfera de la Sierra Gorda Querétaro. Agradecemos a la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México por recibir e ingresar los fotoregistros de las especies. Finalmente, agradecemos al Biól. Juan Cruzado Cortez por sus comentarios respecto a sus observaciones en la plataforma Naturalista y su participación constante en el desarrollo de la ciencia ciudadana.

LITERATURA CITADA

Agan, J. 2013. Geographic Distribution: *Storeria dekayi* (Dekay's brownsnake). *Herpetological Review* 44:630.

Ahumada-Carrillo, I.T., J.C. Arenas-Monroy, F.A. Fernández-Nava & O. Vázquez-Huizar. 2013. Nuevos registros de distribución para la rana ladrona pigmea *Craugastor pygmaeus* (Terrarana: Craugastoridae) en el occidente de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84(4):1338-1342.

Barquero, J.A. 2001. El control del comercio y las especies potencialmente invasoras: Situación actual de la tortuga de Florida (*Trachemys scripta elegans*) en España. Memoria de Máster. Universidad Internacional de Andalucía.

Barton, Lee J., P.K. Joshua & M.H. Joshua. 2015. Geographic Distribution: *Storeria dekayi wrightorum* (midland brownsnake). *Herpetological Review* 46:577.

Campbell, J.A. 1998. Amphibians and reptiles of northern Guatemala, the Yucatán, and Belize. University of Oklahoma Press, Norman, Oklahoma, USA.

Canseco-Márquez, L., M.G. Gutiérrez-Mayén & J. Salazar-Arenas. 2000. New records and range extensions for amphibians and reptiles from Puebla, Mexico. *Herpetological Review* 31:259-263.

Cruz-Sáenz, D., Á. Penilla-Juárez & D. Lazcano. 2013. Notes on the Herpetofauna of Western Mexico 10: Herpetofauna of the Protected Natural Area "Estero El Salado" and adjacent areas in Puerto Vallarta, Jalisco, Mexico. *Bulletin of Chicago Herpetological Society* 48:117-119.

Fernández-Badillo, L., D.R. Aguillón-Gutiérrez, S.Y. Valdez-Rentería, J.A. Hernández-Melo, C.R. Olvera, F.J. Callejas-Jiménez, M. Hernández-Ramos, J.C. Iturbe-Morgado & F. Torres. 2016. First records for amphibians and reptiles from the municipality of Atotonilco el Grande, Hidalgo, México. *Herpetological Review* 47:91-93.

Frost, D.R. 2021. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.1. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA. [Consultado en septiembre 2021]

García-Vázquez, U.O., L. Canseco-Márquez, G. Gutiérrez-Mayén & M. Trujano-Ortega. 2009. Actualización del conocimiento de la fauna herpetológica en el estado de Puebla, México. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana* 17(1):12-36.

Greenwood, J.J. 2007. Citizens, science and bird conservation. *Journal of Ornithology* 148:77-124.

Hernández-Salinas, U., A. Ramírez-Bautista & A. Leyte-Manrique. 2008. Geographic distribution: *Bolitoglossa platydictyla*. *Herpetological Review* 39:231.

Kobori, H., J.L. Dickinson, I. Washitani, R. Sakurai, T. Amano, N. Komatsu, W. Kitamura, S. Takagawa, K. Koyama, T. Ogawara & A.J. Miller-Rushing. 2016. Citizen science: a new approach to advance ecology, education, and conservation. *Ecological Research* 31(1):1-19.

Köhler, G. 2013. Amphibians of Central America. Herpeton. Offenbach, Germany.

Legler, J. & R.C. Vogt. 2013. The turtles of México: land and fresh water forms. University of California Press, Berkeley, California, USA.

Lemos-Espinal, J.A. & J.R. Dixon. 2013. Amphibians and Reptiles of San Luis Potosí. Eagle Mountain, Utah: Eagle Mountain Publishing, USA.

Nori, J., G. Tessarolo, G.F. Ficetola, R. Loyola, V. Di Cola, & G. Leynaud. 2017. Buying environmental problems: The invasive potential of imported freshwater turtles in Argentina. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 27(3): 685-691.

Ramírez, A., U. Hernández, R. Cruz, C. Berriozabal, D. Lara, I. Goyenechea & J. Castillo. 2014. Los anfibios y reptiles de Hidalgo, México: Diversidad, biogeografía y conservación. Sociedad Herpetológica Mexicana, México.

Saoud, Z. & C. Fontaine. 2018. Expert finding in citizen science platform for biodiversity monitoring via weighted pagerank algorithm. En Duivesteijn W., Siebes A., Ukkonen A.



(Eds) Advances in intelligent data analysis XVII. Lecture Notes in Computer Science, vol 11191. Springer, Cham.

Semenov, D.V. 2010. Slider turtle, *Trachemys scripta elegans*, as invasion threat (Reptilia; Testudines). Russian Journal of Biological Invasions, 1(4):296-300.

Silvertown, J. 2009. A new dawn for citizen science. Trends in Ecology and Evolution, 24(9):467-471.

Soria-Guzmán, L.F. 2016. Determinación e inventario de tortugas del género *Trachemys* (Emydidae) del laboratorio de herpetología de la FES Iztacala UNAM y elaboración de una

clave dicotómica. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.

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.

Vogt, R.C. 1995. *Graptemys pseudogeographica*. Catalogue of American Amphibians and Reptiles (CAAR). México.



TRETANORHINUS NIGROLUTEUS (SQUAMATA: DIPSADIDAE)

ÁLVARO A. ZAMORA-RODA^{1,*}, CHRISTIAN G. HERRERA-MARTÍNEZ^{2,3,4} & JAVIER E. CORTÉS-SUÁREZ⁵

¹Turrialba Herpetology Team (THT), Turrialba, Cartago, Costa Rica.

²Asesoría en Gestión de la Biodiversidad (AGB), San José, Costa Rica.

³Programa de Maestría en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad, Escuela de Posgrado, CATIE, 30501, Turrialba, Cartago, Costa Rica.

⁴Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Latina, San José, Costa Rica.

⁵Investigador independiente, Municipio de Santa Sofía, Departamento de Boyacá, Colombia.

*Correspondence: alvaro.zamora.roda@est.una.ac.cr

Received: 2021-12-07. Accepted: 2022-01-25. Published: 2022-03-10.

Editor: Carlos Alberto Hernández Jiménez, México.

Costa Rica: Provincia de Alajuela: Cantón de Río Cuarto, Laguna de Río Cuarto (10.353333° N, 84.2152787° W, WGS 84, 408 m s.n.m., Fig. 1.), 17 de junio del 2021 a las 16:46 h. Este reporte representa el primer registro de *Tretanorhinus nigroluteus* Cope 1861 para la provincia de Alajuela y para la zona de vida de Bosque Muy

Húmedo Tropical Transición a Premontano (bmh-T12) (Bolaños et al., 2005). Se encuentra localizado a 12 km de distancia en línea recta de la localidad más cercana conocida en La Virgen, Sarapiquí, provincia de Heredia (Barquero & Arguedas, 2019; Hilje et al., 2020; GBIF, 2021; Fig 1.). El individuo adulto se

Figure 1. Known geographic distribution (Barquero & Arguedas, 2019; Hilje et al., 2020; Klank-Araya & Chaves, 2020; GBIF, 2021) and new report of *Tretanorhinus nigroluteus* in Costa Rica. Life zones (Bolaños et al., 2005): Tropical wet forest (wf-T), Premontane wet forest, rain forest transition (P-wf6) and Tropical wet forest, Premontane belt transition (T-wf12). Geographic coordinate system WGS84. Map by Christian G. Herrera using QGIS 3.4.15 with shape files Costa Rica 2014 v.1.2.

Figura 1. Distribución geográfica conocida (Barquero & Arguedas, 2019; Hilje et al., 2020; Klank-Araya & Chaves, 2020; GBIF, 2021) y nuevo registro de *Tretanorhinus nigroluteus* en Costa Rica. Zonas de vida (Bolaños et al., 2005): Bosque Muy Húmedo Tropical (bmh-T), Bosque Muy Húmedo Premontano Transición a Basal (bmh-P6) y Bosque Muy Húmedo Tropical Transición a Premontano (bmh-T12). Sistema de coordenadas geográficas WGS84. Mapa por Christian G. Herrera usando QGIS 3.4.15 con archivos vectoriales de Costa Rica 2014 v.1.2.

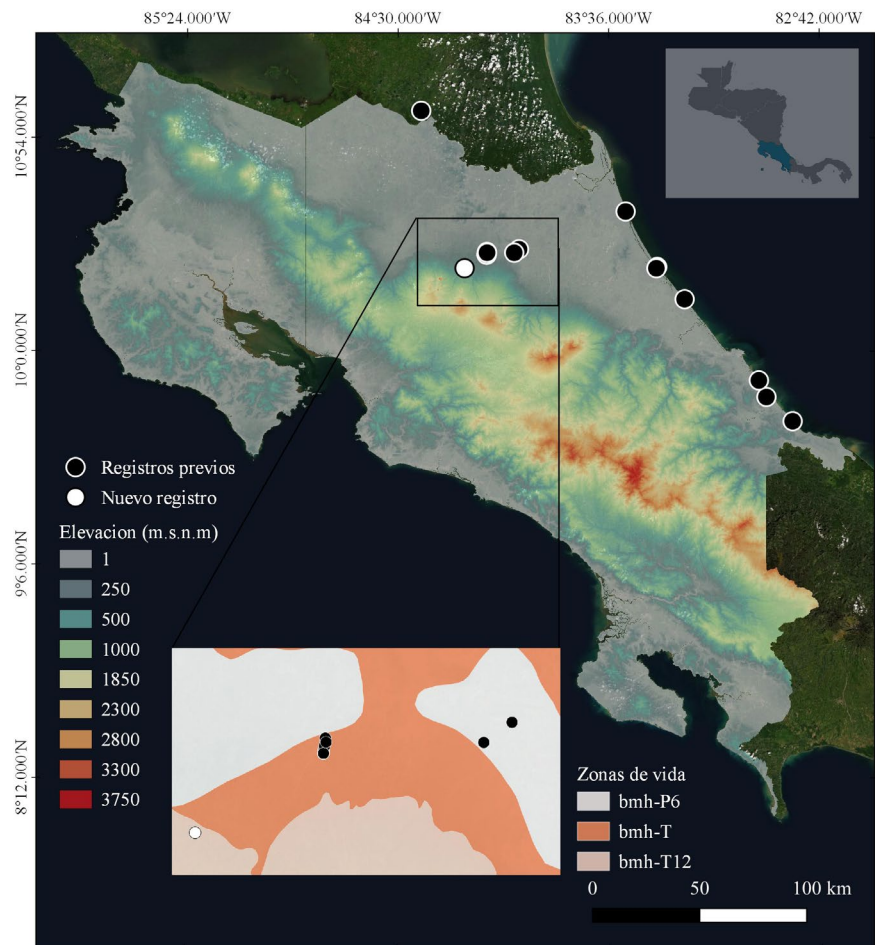




Figure 2. Individual of *Tretanorhinus nigroluteus* in the Laguna of Río Cuarto, Alajuela, Costa Rica. Photo: Álvaro A. Zamora-Roda.

Figura 2. Individuo de *Tretanorhinus nigroluteus* en la Laguna de Río Cuarto, Alajuela, Costa Rica. Foto: Álvaro A. Zamora-Roda.

registró por observación directa completamente sumergido en la laguna. Una vez la serpiente salió completamente del agua, esta fue fotografiada e identificada siguiendo a Savage (2002) y Solórzano (2004) (Fig. 2). A pesar de ser una especie de amplia distribución y bastante común a lo largo de la vertiente atlántica del Sur de México y Centroamérica incluyendo algunas islas como las Islas de la Bahía en Honduras y la Isla Grande del Maíz en Nicaragua (Barquero & Arguedas, 2019), en Costa Rica es considerada como una especie rara (Savage, 2002; Leenders, 2019), de la cual existe muy poca información sobre su hábitat y distribución (p. ej. Villa, 1970; Savage, 2002; Solórzano, 2004), posiblemente por sus hábitos nocturnos, crepusculares y acuáticos (Villa, 1970; Leenders, 2019). En Costa Rica la especie se encuentra distribuida al norte y sur de la costa Caribe, desde el nivel del mar hasta los 150 m de elevación (Solórzano, 2004) en tres zonas de vida: Bosque Húmedo Tropical (bh-T), Bosque Muy Húmedo Tropical (bmh-T) y Bosque Muy Húmedo Premontano Transición a Basal (bmh-P6) (Bolaños et al., 2005). Recientemente Hilje et al. (2020) registró la especie en la Reserva Biológica Tirimbina, entre los 180-220 m de elevación. El presente

registro de *T. nigroluteus* es de una zona de vida de Bosque Muy Húmedo Tropical Transición a Premontano (bmh-T12) (Bolaños et al., 2005) y amplía el conocimiento ecológico de la especie, ya que de acuerdo con los registros previos en Centroamérica se espera que esté asociada a ecosistemas de tierra bajas en el Atlántico en Costa Rica (Solórzano, 2004), como en tributarios del Río San Juan (0-100 m). Igualmente, el registro en esta nota amplía la distribución altitudinal conocida de la especie en el país en 188 m con relación al registro altitudinal más alto reportado previamente por Hilje et al. (2020) en la Reserva Biológica Tirimbina, La Virgen, Sarapiquí, provincia de Heredia, Costa Rica (UCR 23374; Klank-Araya & Chaves, 2020). El registro fotográfico del individuo en esta nota se encuentra depositado con número de referencia 95469215 en el catálogo de fotografías de “iNaturalist”, iniciativa de “California Academy of Sciences” y la “National Geographic Society”.

Agradecimientos.—Agradecemos a Anthony Abarca, Mauricio Baltodano, Nicole Jiménez y Germán Fonseca por su asistencia en campo. A Marco Tulio Fonseca, administrador y propietario

del Hotel los Gallitos, por su hospitalidad durante el trabajo de campo y permitir el uso del equipo acuático. Agradecemos a Marco D. Barquero y Gerardo Chávez de la Universidad de Costa Rica (UCR) por compartir las bases de datos con registros de la especie para el país

LITERATURA CITADA

- Barquero, M.D & V. Arguedas. 2019. Biology of snakes of the genus *Tretanorhinus*: an integrative review. *Amphibian & Reptile Conservation* 13(2) [General Section]:227-238 (e208).
- Bolaños, M.R., C.V. Watson & O.J. Tosi. 2005. Mapa Ecológico de Costa Rica (Zonas de vida). <http://www.cct.or.cr>, [Consultado en noviembre 2021]
- Estrella-Morales, J. & L. Piedra-Castro. 2018. Anfibios y reptiles (herpetofauna) en las asociaciones vegetales de la Laguna de Gandoca, Limón, Costa Rica. *Tecnología en Marcha* 31:127-135.
- GBIF. 2021. *Tretanorhinus nigroluteus* occurrence data. <https://doi.org/10.15468/dl.49ng5j>. [Consultado en agosto 2021].
- Hilje, B., G. Chaves, J. Klank, F. Timmerman, J. Feltham, S. Gillingwater, T. Piraino & E. Rojas. 2020. Amphibians and Reptiles of the Tirimbina Biological Reserve: a baseline for conservation, research and environmental education in a lowland tropical wet forest in Costa Rica. *Check List* 16:1633-1655.
- Klank-Araya, J. & G. Chaves. 2020. *Tretanorhinus nigroluteus*. Base de datos del Museo de Historia Natural de la Universidad de Costa Rica.
- Leenders, T. 2019. *Reptiles of Costa Rica: A Field Guide*. Zona Tropical Publications. 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, Illinois, USA.
- Solórzano A. 2004. *Serpientes de Costa Rica: Distribución, Taxonomía, e Historia Natural*. Instituto Nacional de Biodiversidad, Santo Domingo de Heredia, Costa Rica.
- Villa, J. 1970. Notas sobre la historia natural de la serpiente de los pantanos. *Tretanorhinus nigroluteus*. *Revista de Biología Tropical* 17:97-104.



AGKISTRODON TAYLORI (SQUAMATA: VIPERIDAE)

JESÚS ALEJANDRO ORTIZ-ORTIZ¹, JAIR JESÚS BARRERA-MORALES², NALLELY MORALES-CAPELLÁN³ & LEONARDO FERNÁNDEZ-BADILLO^{3,4*}

¹Colegio de estudios científicos y tecnológicos del Estado de Hidalgo, Plantel Coacuilco, Huejutla de Reyes, Hidalgo, 43010, México.

²Domicilio conocido, Barrio centro Temango, Tlanchinol, Hidalgo, 43168, México.

³Predio Intensivo de Manejo de Vida Silvestre X-Flora Reptilia, km 65 carretera México-Tampico, Pilas y Granadas, Metztlán, Hidalgo, 43350, México.

⁴Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Km 4.5 carretera Pachuca-Tulancingo, s/n, Mineral de la Reforma, Hidalgo, 42184, México.

*Correspondence: fernandezbadillo80@gmail.com

Received: 2021-10-02. Accepted: 2022-02-02. Published: 2022-03-10.

Editor: Rafael Alejandro Lara Resendiz, México.

México: Estado de Hidalgo: Municipio de Lolotla, 1 km al noreste de La Florida (21.1264° N, 98.7408° W; WGS84; 296 m s.n.m.), 20 de diciembre de 2020 a las 10:00 h. Jair Jesús Barrera Morales encontró y fotografió un ejemplar adulto de *Agkistrodon taylori* en un potrero (Fig. 1) propiedad del Sr. Pablo Morales Alonso. La serpiente fue sacrificada por los trabajadores del potrero. El organismo presenta las características de coloración y patrón de manchas distintivas de *A. taylori*, descritas en distintos trabajos (Porrás et al., 2013; Heimes, 2016) y la identidad taxonómica fue corroborada por Luis Canseco Márquez. Este ejemplar representa el cuarto registro *A. taylori* en el estado de Hidalgo y el primero para el municipio de Lolotla. Además amplía la distribución de la especie en 20.64 km al suroeste en línea recta del registro más cercano conocido en el municipio de San Felipe

Orizatlán (Fernández-Badillo et al., 2016; Fig. 2). La fotografía se depositó en la Colección Digital de Vertebrados de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México (MZPZ-IMG 307).

Pese a que *A. taylori* está considerada en un estado de conservación de Preocupación Menor por la IUCN (Lavin et al., 2007), Wilson et al. (2013) la consideran dentro de la categoría de Alta Vulnerabilidad con un valor de 17 en su evaluación de vulnerabilidad ambiental (EVS, por sus siglas en inglés). Además, Porrás et al. (2013) mencionan que existe muy poca información sobre el estado de sus poblaciones y recomiendan, entre otras cosas, llevar a cabo monitoreos de sus poblaciones y desarrollar estrategias para su conservación. Por lo tanto, se



Figure 1. A) Adult specimen of *Agkistrodon taylori* from La Florida, Lolotla, Hidalgo, Mexico. B) Site where the specimen was found. Photo: Jair de Jesús Barrera-Morales.

Figura 1. A) Ejemplar adulto de *Agkistrodon taylori* de La Florida, Lolotla, Hidalgo, México. B) Lugar donde se encontró el ejemplar. Foto: Jair de Jesús Barrera-Morales.

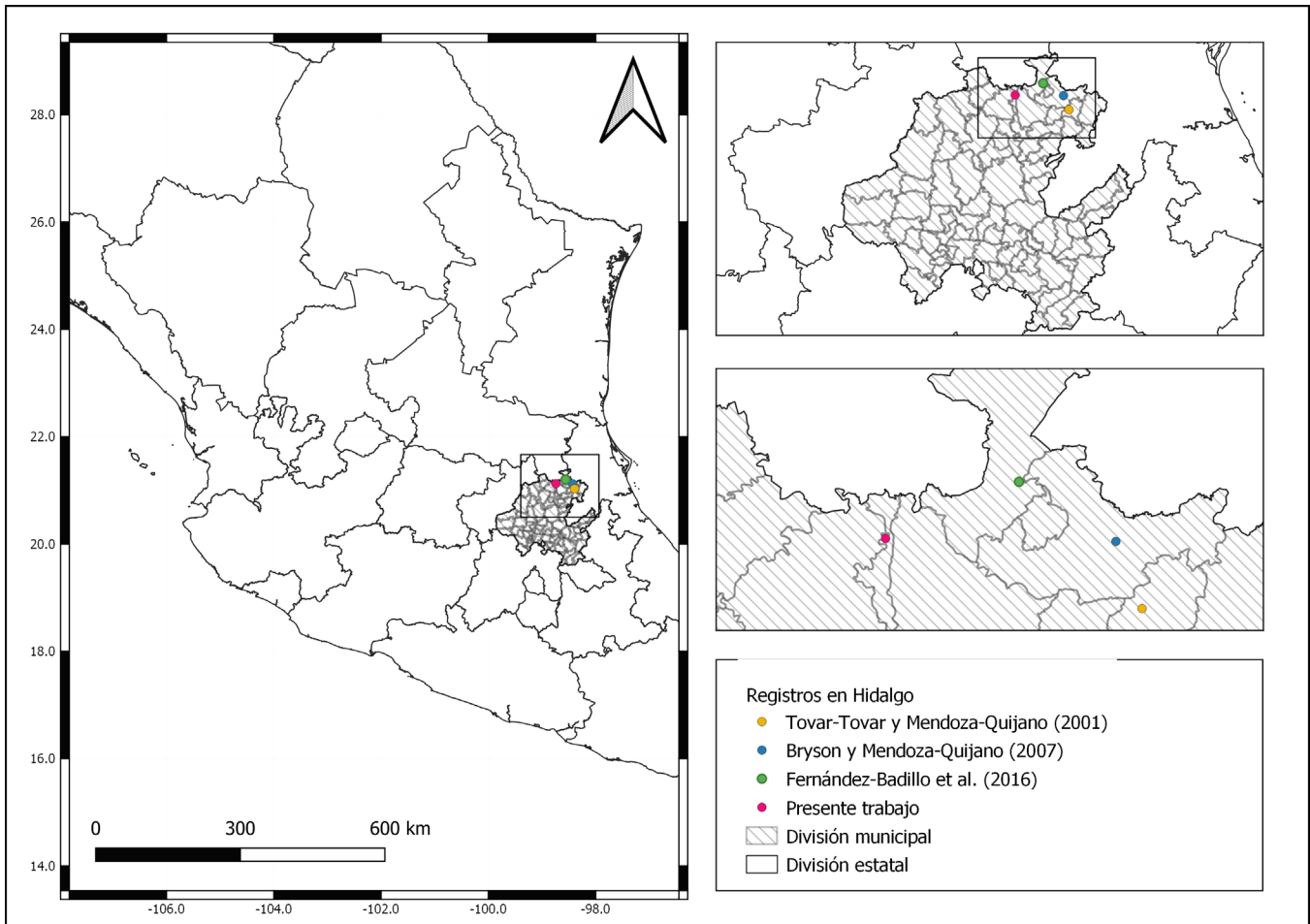


Figure 2. Map of the known records of *Agkistrodon taylori* in Hidalgo, Mexico. / Figura 2. Mapa de los registros conocidos de *Agkistrodon taylori* en Hidalgo, México

requieren estudios más detallados de su distribución e historia natural para proteger sus poblaciones (Fernández-Badillo et al., 2016), y es por ello que resulta indispensable contar con mayor información acerca de su distribución en Hidalgo.

Agradecimientos.— Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca de doctorado otorgada a LFB (número de becario 371195). A Uri Omar García-Vázquez, por permitirnos depositar la fotografía en la Colección Digital de Vertebrados de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México.

LITERATURA CITADA

Fernández-Badillo, L., G. Hernández-Hernández, F. Torres-Ángeles, H. Domínguez-Vega & L. W. Porras. 2016. Presence of *Agkistrodon taylori* in disturbed areas (cultivated fields) in the municipality

of San Felipe Orizatlán, Hidalgo, Mexico. *Mesoamerican Herpetology* 3:804-808.

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

Lavin, P., F. Mendoza-Quijano & G.A. Hammerson. 2007. *Agkistrodon taylori*. The IUCN Red List of Threatened Species 2007. <http://www.iucnredlist.org> [Consultado en enero de 2022]

Porras, L.W., L.D. Wilson, G.W. Schuett & R.S. Reiserer. 2013. A taxonomic reevaluation and conservation assessment of the common cantil, *Agkistrodon bilineatus* (Squamata: Viperidae): a race against time. *Amphibian & Reptile Conservation* 7:48-73.

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.



LA PLATAFORMA NATURALISTA COMO HERRAMIENTA DE CIENCIA CIUDADANA PARA DOCUMENTAR LA DIVERSIDAD DE ANFIBIOS EN EL ESTADO DE SINALOA, MÉXICO

NATURALISTA PLATFORM AS A TOOL OF CITIZEN SCIENCE TO DOCUMENT THE DIVERSITY OF AMPHIBIANS IN THE STATE OF SINALOA, MEXICO

HÉCTOR ALEXIS CASTRO-BASTIDAS^{1*} & JOSÉ MANUEL SERRANO-SERRANO²

¹Postgrado en Ciencias Aplicadas al Aprovechamiento de los Recursos Naturales, Centro de Estudios Justo Sierra "CEJUS", Badiraguato 80600, Sinaloa; México.

²Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera", Departamento Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, Ciudad de México, México.

*Correspondence: alexizbastidas@gmail.com

Received: 2021-10-26. Accepted: 2022-02-04. Published: 2022-03-17.

Editor: Rafael Alejandro Lara Resendiz, México.

Abstract.— Citizen science contributes to obtaining information on biodiversity. In this study, we analyze distribution patterns, phenology, and environmental vulnerability in unstructured data from the Naturalista platform on amphibians from the state of Sinaloa, a region of Mexico with little scientific exploration. In addition, we evaluated the hypothesis that the species registered in Naturalista do not correspond exclusively to a low or medium level of environmental vulnerability. In total, we detected records of 30 species of amphibians belonging to 10 families, among which the widening of the distribution of a species of anuran within Sinaloa and relevant observations on the natural history of different species stand out. The family Bufonidae presented the highest number of records and Eleutherodactylidae the lowest number of records and the highest risk of threat. Most amphibian records were concentrated around urban areas of the coastal plain. Only three of the 19 protected natural areas in Sinaloa had amphibian records in Naturalista. Finally, we find that all levels of environmental vulnerability are registered proportionally to the list of amphibians in Sinaloa. Together, Naturalista records in Sinaloa make it possible to distinguish amphibian communities, identify strategic sites and key species to monitor amphibian fauna.

Keywords.— Biodiversity, conservation, databases, *iNaturalist*, Protected Areas.

Resumen.— La ciencia ciudadana contribuye a generar información sobre biodiversidad. En este estudio analizamos patrones de distribución, fenología y vulnerabilidad ambiental en datos no estructurados de la plataforma Naturalista sobre anfibios del estado de Sinaloa, una región de México con escasa exploración científica. Además, evaluamos la hipótesis de que las especies registradas en Naturalista no corresponden exclusivamente a un nivel de vulnerabilidad ambiental bajo o medio. En total, detectamos registros de 30 especies de anfibios pertenecientes a 10 familias, entre las que destaca la ampliación de distribución de una especie de anuro dentro de Sinaloa y observaciones relevantes sobre la historia natural de distintas especies. La familia Bufonidae presentó el mayor número de registros y Eleutherodactylidae el número más bajo de registros, pero mayor riesgo de amenaza. La mayoría de los registros de anfibios se concentraron alrededor de áreas urbanas de la planicie costera. Solo tres de las 19 áreas naturales protegidas de Sinaloa tuvieron registros de anfibios en Naturalista. Por otro lado, encontramos que todos los niveles de vulnerabilidad ambiental



se encuentran registrados proporcionalmente al listado de anfibios de Sinaloa. En conjunto, los registros de Naturalista en Sinaloa permiten distinguir comunidades de anfibios, identificar sitios estratégicos y especies clave para monitorear la anfibiofauna.

Palabras clave.— Áreas naturales protegidas, bases de datos, biodiversidad, conservación, *iNaturalist*.

INTRODUCCIÓN

La contribución de información sobre la biodiversidad a través de plataformas de ciencia ciudadana ha ido en aumento en los últimos años (Donald et al., 2001; Turbé et al., 2019). La participación voluntaria del público en actividades científicas se conoce como ciencia ciudadana (Newman et al., 2012). Estas participaciones son facilitadas por el uso de las tecnologías de la información y comunicación que son un conjunto de herramientas relacionadas con la transmisión, procesamiento y almacenamiento digitalizado de información (Longo et al., 2020). La mayor accesibilidad a los dispositivos móviles y al internet son factores que han incrementado la obtención y el procesamiento de información (Conti et al., 2017; Conti & Passarella, 2018). Esta forma de ciencia abierta a la ciudadanía ha contribuido a aumentar el conocimiento sobre la biodiversidad, la comprensión de los patrones socioecológicos en áreas urbanas (Callaghan et al., 2020), el conocimiento sobre especies amenazadas o con distribución restringida (Johnston et al., 2020; Lloyd et al., 2020), incrementando las colecciones de museos (Spear et al., 2017); así mismo, ha ayudado a georreferenciar datos moleculares (Borzée et al., 2019), en el monitoreo de especies invasoras (Johnson et al., 2019), en la identificación de especies indicadoras de la calidad del ambiente (Krabbenhoft & Kashian, 2020), incluso al descubrimiento de nuevas especies (Alvarado-Cárdenas et al., 2020; Collins & Velazco-Macias, 2021; Edwards, 2020).

La adquisición de información usando plataformas de ciencia ciudadana puede ocurrir de forma estructurada, guiada por expertos y con objetivos específicos, o bien, de forma no estructurada con participaciones aleatorias por parte de distintos públicos. Ambas estrategias de adquisición de la información confieren distinto grado de complejidad de los datos, patrones de distribución espacial, temporalidad y cantidad de registros (Boersch-Supan et al., 2019; Newson et al., 2015; Pocock et al., 2015). Aun así, en cada uno de estos casos la información puede ser bastante útil. Por ejemplo, los datos no estructurados se han usado principalmente para determinar la distribución de especies (Johnston et al., 2020), evaluar estatus de conservación (Maes et al., 2015; Powney & Issac, 2015), fenología (Phillimore et al., 2010) y para estimar el compromiso de los observadores con la naturaleza en áreas urbanas (Zambrano et al., 2019).

En la tarea de cubrir los vacíos de información sobre biodiversidad alrededor del mundo, *iNaturalist* es una plataforma digital que ha contribuido con un gran número de registros sobre la distribución de diferentes taxones (p. ej. Laufer et al., 2018; Pearman-Gillman et al., 2019). *iNaturalist* es un proyecto de ciencia ciudadana creado en 2008 y una red social de naturalistas, científicos ciudadanos, biólogos y aficionados, basada en el concepto de mapeo e intercambio de observaciones sobre biodiversidad. En el caso de México, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) estableció en 2013 el primer nodo oficial de *iNaturalist* fuera de Estados Unidos mediante la plataforma de Naturalista (<https://www.naturalista.mx/>), iniciando la red internacional que a la fecha consta de 20 países a nivel global. Es posible acceder a Naturalista a través de su sitio web o de la aplicación móvil de *iNaturalist*. A partir de aquí se usará el término Naturalista para referir a la plataforma de ciencia ciudadana *iNaturalist*. Las observaciones realizadas con Naturalista proporcionan datos abiertos al público en general que pueden ser incorporados a proyectos de búsqueda científica, agencias de conservación y otras organizaciones. Simultáneamente, es posible crear grupos en torno a proyectos de áreas selectas de observación (área verde, parque, colonia, área natural protegida, etc.) e invitar a otros naturalistas (Naturalista se refiere a los observadores que participan en la plataforma como naturalistas) a incluir sus observaciones. La información bruta de Naturalista puede incluir registros con distinto grado de utilidad o calidad: 1) casual; 2) necesita identificación; y 3) grado de investigación. El proceso de identificación taxonómica de las aportaciones de los naturalistas es un proceso curatorial participativo que depende de la plataforma global de naturalistas, el cual permite identificar observaciones de grado de investigación, que se definen como aquellas que tienen una fotografía o audio nítidos, fecha, coordenadas geográficas y el respaldo de la comunidad de naturalistas (Borzée et al., 2019; Callaghan et al., 2020). Las observaciones de Naturalista que cumplen con los criterios de grado de investigación se incorporan cada mes directamente en *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF). La plataforma de GBIF mantiene acceso abierto, actualizado y disponible para la consulta de datos georreferenciados sobre todos los taxones, conteniendo información sobre biodiversidad que proviene de organizaciones internacionales como el Catálogo de la Vida (CoL), bases de datos de colecciones científicas de todo el mundo

como VertNet (vertnet.org) y bases de datos de observaciones como eBird (ebird.org) y el mismo *iNaturalist*, por mencionar algunas. Además, los formatos de descarga (CSV delimitado por tabulaciones y Darwin Core Archive) son fáciles de utilizar y gestionar e incluyen solo los datos después de haber pasado por verificación e interpretación (GBIF, 2021a).

La Sierra Madre Occidental y su vertiente hacia el Pacífico en el occidente de México es una zona desprovista de exploraciones científicas para evaluar la biodiversidad regional desde la década de 1970, debido principalmente a la dificultad para acceder a la parte más alta de la Sierra (Flores-Villela et al., 2004; Hardy & McDiarmid, 1969; Sarukhán & García-Méndez, 2003) y por conflictos sociales en la región (Carpio-Domínguez, 2021). Esta región se encuentra en una zona de transición biogeográfica en la que confluyen componentes de los desiertos de Sonora al norte, las tierras bajas tropicales del sur y los ambientes templados de las laderas occidentales de la Sierra Madre Occidental (Halfiter & Morrone, 2017; Lemos-Espinal & Smith, 2020; Morrone, 2001; Serrano et al., 2014). Algunos esfuerzos por evaluar la biodiversidad de distintos taxones en Sinaloa incluyen inventarios de vegetación, aves, mamíferos, anfibios y reptiles en sitios específicos (Ávila-González et al., 2019; Hardy & McDiarmid, 1969; Márquez-Salazar et al., 2019; Medina-Torres et al., 2016; Van der Heiden et al., 2018; Van Devender et al., 2012). En el caso particular de los anfibios, las últimas expediciones científicas fueron realizadas al inicio de la década de 1970 e incluyen transectos donde se describen comunidades de anfibios en el norte y sur de Sinaloa (McDiarmid et al., 1976; Webb, 1984; ver también Fulger & Dixon, 1961; Lewis & Johnson, 1956; Smith & Van Gelder, 1955). La falta de datos científicos recientes sobre la biodiversidad de esta zona puede dificultar toma de decisiones suficientemente sustentadas, por ejemplo, en torno a las repercusiones de las presiones antrópicas, como la fragmentación del hábitat y el cambio climático sobre la diversidad biológica, que aún son desconocidas en la región fuera de la zona costera (Flores-Campaña et al., 2012). En particular, comprender las adaptaciones biológicas al estrés climático de la biodiversidad que alberga el bosque tropical caducifolio en Sinaloa es sumamente relevante en el contexto de cambio climático, debido al riesgo de los ecosistemas en la región por su marcada estacionalidad (Álvarez-Yépiz, 2020; Berlanga-Robles et al., 2018).

En los últimos 40 años, los anfibios han disminuido drásticamente en todo el mundo, y proporcionalmente son el grupo de vertebrados más amenazados a nivel global (Ripple et al., 2019). La pérdida de hábitat es la causa principal que ha contribuido a esta disminución, también los efectos de

los contaminantes ambientales, la radiación ultravioleta, las enfermedades emergentes, la introducción de especies exóticas, la explotación directa y el cambio climático son parte de la crisis global de los anfibios (Frías-Alvarez et al., 2010; O'Hanlon et al., 2018; Sodhi et al., 2008). Frente a estas amenazas globales, distintas plataformas digitales de ciencia ciudadana están contribuyendo con el monitoreo de los anfibios utilizando fotografías y grabaciones de audio obtenidas y analizadas regionalmente, por ejemplo, el proyecto FrogID en Australia (Rowley et al., 2019).

En este estudio, analizamos los datos no estructurados colectados en la plataforma de ciencia ciudadana Naturalista (naturalista.mx) sobre los anfibios de Sinaloa con el propósito de: 1) estimar la frecuencia de las observaciones para las distintas familias y especies de anfibios; 2) identificar sitios de mayor número de observaciones y vacíos de información; 3) destacar observaciones relevantes que representen novedades sobre la distribución e historia natural de las especies; e 4) identificar las categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés; IUCN, 2021) y los puntajes de vulnerabilidad ambiental (EVS, por sus siglas en inglés; se incluyen para cada especie mexicana de anfibio en Wilson et al., 2013) de todos los registros de anfibios obtenidos a través de Naturalista.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fuente de datos. En octubre de 2020 creamos el proyecto "Anfibios de Sinaloa" en la plataforma Naturalista, incluyendo los 18 municipios del estado y a todas las especies de anfibios dentro de ese límite regional seleccionando la clase Amphibia (Naturalista, 2021). Para analizar esta información se descargaron las observaciones del proyecto Anfibios de Sinaloa de Naturalista desde la página web de GBIF (www.gbif.org) para el período comprendido entre el 2006 (la primera observación en el conjunto de datos) hasta diciembre del 2020 (GBIF, 2021b). Dado que GBIF no identifica proyectos creados en *iNaturalist*, descargamos los registros de anfibios bajo las categorías de observación humana en México, incluyendo la plataforma *iNaturalist* y con grado de investigación en un mismo archivo. Posteriormente, para acotar los registros de Naturalista hechos en Sinaloa, proyectamos los puntos de las observaciones obtenidas de GBIF en un sistema de información geográfica usando el software QGIS versión 3.10.2. Incorporamos los datos en un mapa de Sinaloa a escala 1: 1 700 000. Utilizamos la base de datos de Naturalista desde la plataforma GBIF debido a que en esta última sólo se cargan las observaciones con grado de investigación (con licencia Creative Commons de derechos de autor [CC]; ver condiciones

en *iNaturalist*, 2019). Además, a partir del archivo que se obtiene de GBIF es factible verificar, manejar y analizar la información y la plataforma le proporciona un identificador de objeto digital (DOI, por sus siglas en inglés) que garantiza la permanencia de la información obtenida en la web. Adicionalmente, para comparar el número de registros mediante colectas científicas tradicionales (en colecciones y museos científicos) se descargaron los registros en GBIF para Sinaloa (GBIF, 2021c). Para actualizar y uniformar la información de GBIF y Naturalista, utilizamos los datos de sinonimia y sistemática de las especies de anfibios de la base de datos de Especies de Anfibios del Mundo (Frost, 2021). Posteriormente, se verificaron las coincidencias entre los datos de GBIF y Naturalista. Finalmente, para contrastar la información obtenida con la plataforma Naturalista durante los 14 años de observaciones (2006-2020), se utilizó como referencia el listado de especies más reciente sobre anfibios de Sinaloa (Lemos-Espinal & Smith, 2020), incluyendo el registro reciente reportado por Loc-Barragán et al. (2020).

Análisis de datos. Para estimar la fenología de las especies de anfibios en Sinaloa, analizamos la frecuencia de los registros de GBIF contabilizando todas las observaciones mensuales (entre los años 2006 y 2014) para cada especie y familia. Para visualizar la distribución espacial de las observaciones e identificar sitios con mayor número de observaciones generamos un sistema de cuadrícula de ~11 km², de las cuales se categorizaron como celdas ocupadas de acuerdo con el número de observaciones por celda siguiendo el procedimiento propuesto por Krištin et al. (2020). Los archivos utilizados para analizar la distribución espacial de los registros de anfibios de GBIF, fueron los mapas de Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC), Áreas Naturales Protegidas Federales (ANPs Federales) y Áreas Naturales Protegidas Estatales, Municipales, Ejidales y Privadas de México (ANPs Estatales) en archivos en formato *shapefile* generados en marzo de 2021 obtenidos del sitio web de CONABIO (2021), y las curvas de nivel de la Sierra Madre Occidental se obtuvieron del sitio web de INEGI (2021) a partir de un archivo *raster* con resolución primaria de 15 m convertida a 800 m.

Adicionalmente, considerando que la base de datos de Anfibios de Sinaloa en Naturalista es un proyecto no estructurado en su obtención de registros, evaluamos si las especies registradas pertenecen principalmente a puntajes de vulnerabilidad ambiental baja o media (de acuerdo con Wilson et al., 2013). Los puntajes de EVS se construyen a partir de la suma de puntos con respecto a tres escalas: la distribución geográfica, la distribución ecológica y el modo reproductor de los anfibios. La suma de puntajes más altos de EVS incluye

a especies con distribución restringida o en pocos fragmentos y con modo de reproducción terrestre. Por lo tanto, de la suma de estos puntajes se obtienen tres categorías de vulnerabilidad: bajo (B, 3–9), medio (M, 10–13) y alto (A, 14–19) según Wilson et al. (2013). También evaluamos si las especies observadas son aquellas de menor vulnerabilidad ambiental (baja o media) o si corresponden a la proporción de EVS registradas para todas las especies de anfibios de Sinaloa (Lemos-Espinal & Smith, 2020; Wilson et al., 2013).

Por último, es importante señalar que todos los registros de Naturalista del proyecto Anfibios de Sinaloa se sometieron a un proceso curatorial en el que revisamos todos los registros y separamos aquellas observaciones relevantes que presentaron novedades sobre la distribución e historia natural de las especies, siguiendo las recomendaciones de Reyes-Velasco y Ramírez-Chaparro (2019), para ello corroboramos la distribución conocida de las especies observadas, revisamos cuidadosamente que el lugar observado en la fotografía concuerde con el hábitat donde se distribuyen la especie y en los registros dudosos contactamos directamente al naturalista con la autoría del registro para confirmar información o cuando se detectaron registros duplicados.

RESULTADOS

La base de datos del proyecto Anfibios de Sinaloa de Naturalista descargada de GBIF el 18 de enero de 2021, registró 601 observaciones (GBIF, 2021b), sin embargo, la base de datos descargada directamente de Naturalista contabilizó (en la misma fecha) 888 observaciones con grado de investigación (lo que representa el 86% de las observaciones, sumadas a un 12% de observaciones que necesitan identificación y un 2% de observaciones casuales; Naturalista, 2021). Esta diferencia en el número de registros entre ambas plataformas se refleja en registros disímiles para ocho especies: *Agalychnis dacnicolor*, *Incilius mazatlanensis*, *Incilius marmoreus*, *Leptodactylus melanonotus*, *Lithobates magnaocularis*, *Rhinella horribilis*, *Smilisca baudinii* y *Tlalocohyla smithii* (Tabla 1). Además, la información de Naturalista en GBIF no incluye observaciones de *Hypopachus ustus* e *Incilius alvarius* que aparecen reportadas en Naturalista (Tabla 1). En total, en el proyecto de Anfibios de Sinaloa de Naturalista se registraron 28 especies de anfibios pertenecientes a 10 familias, lo que corresponde al 68% de las especies de anfibios reportados para Sinaloa, incluyendo un nuevo registro para el estado (Lemos-Espinal & Smith, 2020; Loc-Barragán et al., 2020). Por lo tanto, el listado de anfibios se actualiza con un total de 41 especies de anfibios en Sinaloa (Tabla 2). Adicionalmente, la información de colectas científicas descargada en GBIF indica

Table 1. Number of observations in scientific collections (GBIF, 2021c) and the project Anfibios de Sinaloa in GBIF (2021b) and Naturalista (Naturalista, 2021).

Tabla 1. Número de observaciones en colectas científicas (GBIF, 2021c) y el proyecto Anfibios de Sinaloa en GBIF (2021b) y Naturalista (Naturalista, 2021).

Especies	Observaciones		
	GBIF (Naturalista)	Naturalista	Colecciones y Museos científicos (1970 - 2020)
<i>Agalychnis dacnicolor</i>	87	136	30
<i>Ambystoma rosaceum</i>	6	7	1
<i>Anaxyrus kelloggi</i>	0	0	2
<i>Anaxyrus mexicanus</i>	0	0	0
<i>Anaxyrus punctatus</i>	3	6	1
<i>Craugastor augusti</i>	1	1	0
<i>Craugastor hobartsmithi</i>	1	1	1
<i>Craugastor occidentalis</i>	2	8	2
<i>Craugastor vocalis</i>	0	0	2
<i>Eleutherodactylus interorbitalis</i>	1	5	1
<i>Eleutherodactylus sp.*</i>	0	0	7
<i>Eleutherodactylus saxatilis</i>	1	1	3
<i>Eleutherodactylus teretistes</i>	0	0	1
<i>Exerodonta smaragdina</i>	1	2	4
<i>Gastrophryne mazatlanensis</i>	3	6	3
<i>Dryophytes arenicolor</i>	6	10	1
<i>Hypopachus ustus</i>	0	1	0
<i>Hypopachus variolosus</i>	2	3	1

Especies	Observaciones		
	GBIF (Naturalista)	Naturalista	Colecciones y Museos científicos (1970 - 2020)
<i>Incilius alvarius</i>	0	1	0
<i>Incilius marmoratus</i>	16	26	34
<i>Incilius mazatlanensis</i>	116	178	74
<i>Incilius mccoysi**</i>	1	1	0
<i>Incilius occidentalis</i>	5	6	22
<i>Leptodactylus melanonotus</i>	41	65	29
<i>Lithobates catesbeianus</i>	3	4	13
<i>Lithobates forreri</i>	6	14	245
<i>Lithobates magnaocularis</i>	32	44	95
<i>Lithobates pustulosus</i>	1	4	36
<i>Lithobates tarahumarae</i>	0	0	2
<i>Rhinella horribilis</i>	61	89	12
<i>Scaphiopus couchii</i>	15	24	18
<i>Smilisca baudinii</i>	107	141	14
<i>Smilisca fodiens</i>	1	8	19
<i>Tlalocohyla smithii</i>	79	91	3
<i>Trachycephalus vermiculatus</i>	1	2	0
<i>Tripurion spatulatus</i>	2	3	3
Total de observaciones	601	888	679

*De acuerdo con Grünwald et al. (2021) la especie que se identificaba previamente como *Eleutherodactylus nitidus* se trata de una especie no descrita con distribución en los estados de Sinaloa, Durango, Nayarit, Jalisco y Michoacán.

** Nuevo registro para Sinaloa.

que se han capturado 679 individuos pertenecientes a 30 especies entre 1970 y 2020 en el territorio de Sinaloa (GBIF, 2021c; Tablas 1 y 2). En conjunto, los datos de Naturalista y de colectas científicas en GBIF indica que en los últimos 50 años hay tres especies que no se han registrado en Sinaloa.

En los datos de Naturalista se destaca que, aunque la primera observación en el proyecto Anfibios de Sinaloa se subió

a Naturalista en 2011, la observación más antigua se realizó originalmente en 2006. A partir de 2012 ha incrementado exponencialmente el número de registros en la plataforma de Naturalista de anfibios en Sinaloa (Fig. 1A). Dentro de los 14 años de registros analizados, julio fue el mes con mayor número de registros con 89 observaciones y el mes con menos registros corresponde a marzo con 22 observaciones. La estacionalidad en la ocurrencia de observaciones muestra que el 57% de ellas



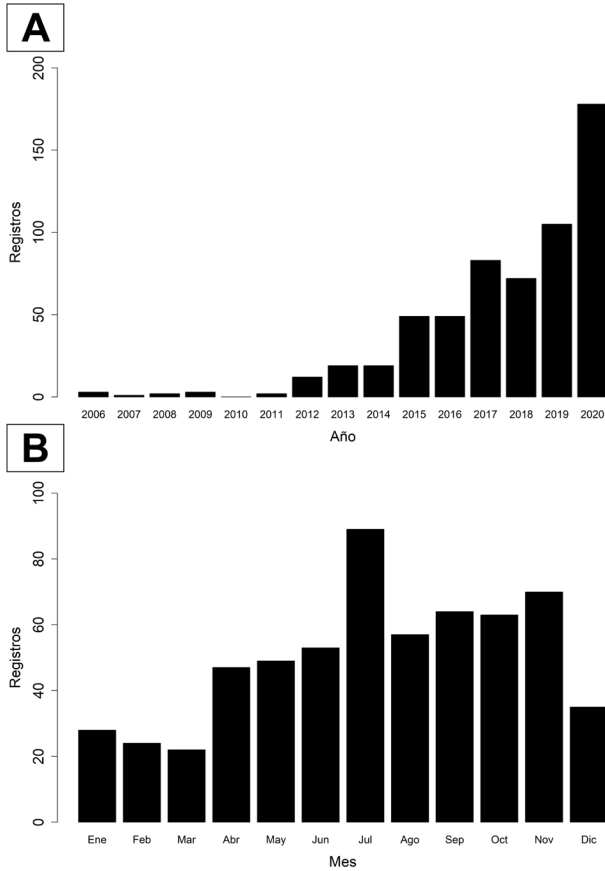


Figure 1 (left). Observations of amphibians in Sinaloa between 2006 and 2020 A) per year and B) per months obtained from Naturalista through GBIF (2021b).

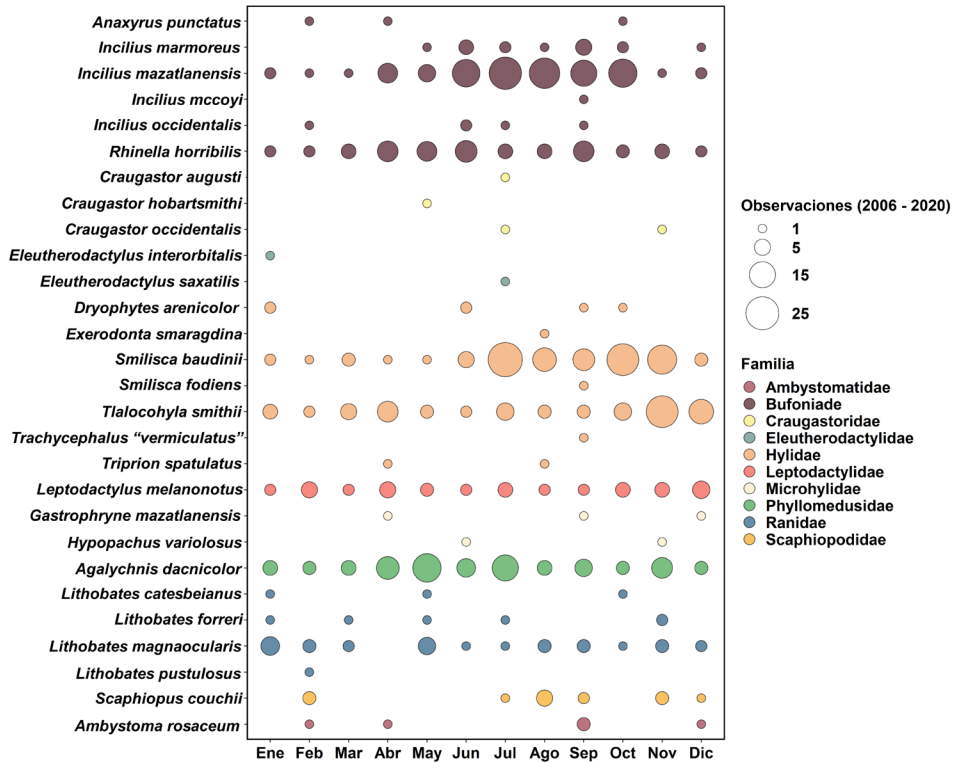
Figura 1 (izq.). Observaciones de anfibios en Sinaloa entre 2006 y 2020 A) por año y B) por meses obtenidos de Naturalista por medio de GBIF (2021b).

ocurren entre julio y noviembre (Fig. 1B). En el periodo de 2006 a 2020 las familias con mayor proporción de registros son Bufonidae (33.61%), Hylidae (32.77%), Phyllomedusidae (14.47%), Leptodactylidae (6.82%) y Ranidae (6.98%), y la familia con menor número de registros acumulados (equivalente al 0.33% de los registros) es Eleutherodactylidae (Fig. 2). Para el caso de las especies que presentaron mayor proporción de observaciones fueron *I. mazatlanensis* con 19.30%, *S. baudinii* con 17.80%, *A. dacnicolor* con 14.47%, *T. smithii* con 13.14% y *R. horribilis* con 10.14% (Fig. 2).

Espacialmente, los registros obtenidos en el proyecto Anfibios de Sinaloa de Naturalista se concentran en la planicie costera y en algunas estribaciones de la Sierra Madre Occidental (Fig. 3A). Las celdas de ~11 km² que agrupan las ocurrencias de registros contienen principalmente de 1 a 2 observaciones, representando un 72.07% de los puntos de presencia, seguidos por las celdas con 3 a 5 observaciones con 18.03% y con más de 6 observaciones con 9.90%. En total, todas las celdas con observaciones de anfibios suman una superficie de 1,111 km² (Fig. 3A). Las celdas con 3 a 5 observaciones (de color naranja) se proyectan cercanas a las

Figure 2 (right). Number of observations accumulated between 2006 and 2020 and monthly observations by species and families obtained from Naturalista through GBIF (2021b).

Figura 2 (derecha). Número de observaciones acumuladas entre 2006 y 2020 y observaciones mensuales por especies y familias obtenidas de Naturalista por medio de GBIF (2021b).



celdas con más de 6 observaciones (de color rojo) y principalmente se presentan en el sur de Sinaloa. Además, estas celdas con mayor número de registros (de color rojo y naranja) convergen más entre las ciudades con mayor número de habitantes y las zonas prioritarias para conservación, incluyendo las ANPs Meseta de Cacaxtla (al norte de Mazatlán), Mineral de Nuestra señora de la Candelaria (al sureste de Culiacán), el ADVC Paco's

Reserva de Flora y Fauna (al norte de Mazatlán) y al norte el ANP Estatal Navachiste (al oeste de Guasave) (Fig. 3B). Sin embargo, dentro de las ANPs sólo se registran observaciones con grado de investigación en el ADVC Paco's Reserva de Flora y Fauna y las ANPs Meseta de Cacaxtla y Surutato, siendo la primera donde se registran observaciones con un esfuerzo tal que permite mostrar tendencias en abundancia de especies (Fig. 4). En la mayoría de

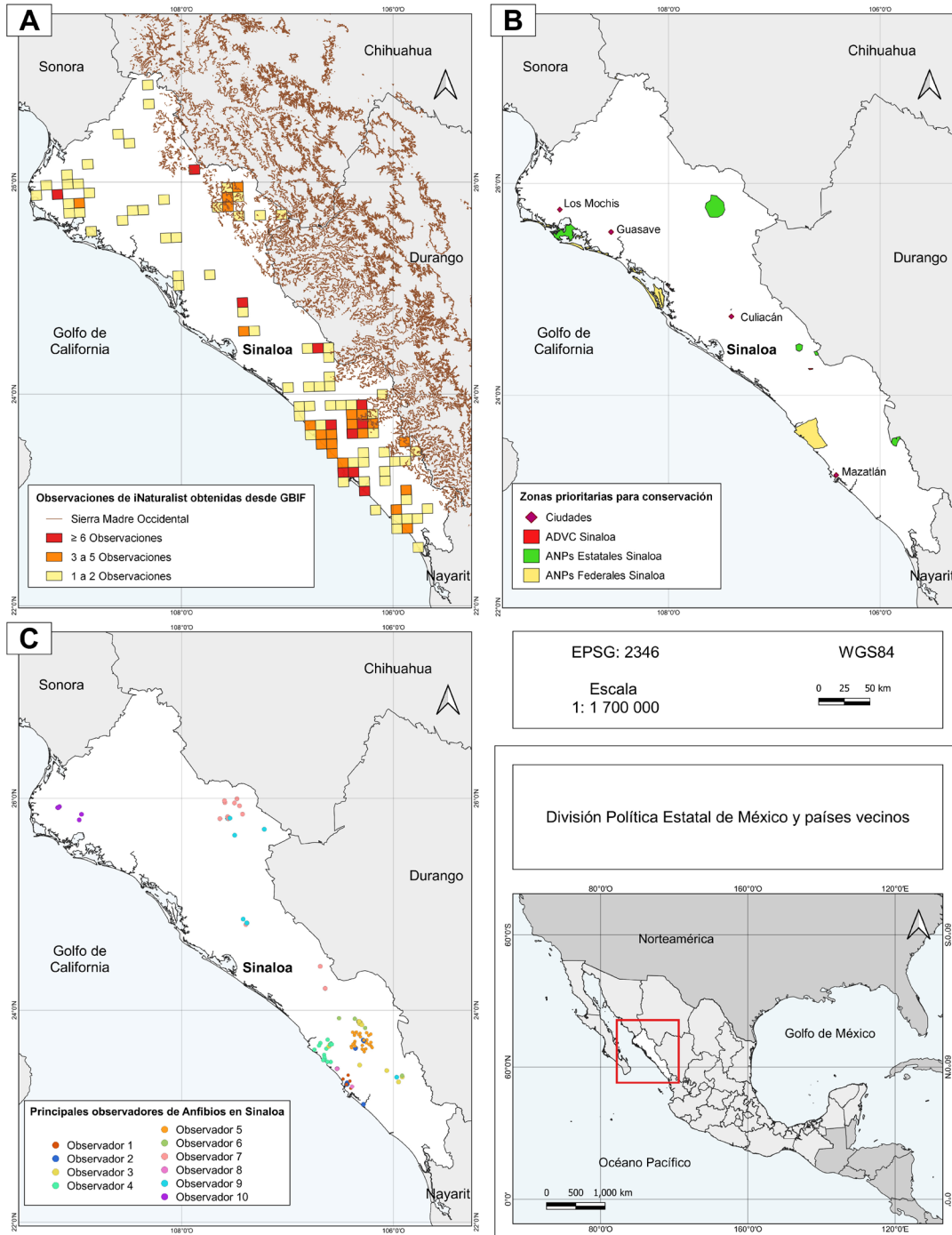


Figure 3. Amphibian records in the Naturalista project "Anfibios de Sinaloa" (A) main cities; (B) priority areas for conservation and (C) records of the 10 main amphibian observers registered in the Anfibios de Sinaloa project in Naturalista.

Figura 3. Registros de anfibios en el proyecto "Anfibios de Sinaloa" de Naturalista (A) ciudades principales; (B) zonas prioritarias para la conservación y (C) registros de los 10 principales observadores de anfibios registrados en el proyecto Anfibios de Sinaloa en Naturalista.



las ANPs en Sinaloa no hay registros de anfibios, de hecho, en el 85% de las ANPs no se cuenta con un registro de anfibios en Naturalista pese a que su superficie es mayor a la de aquellas donde sí encontramos registros (Apéndice 1).

La base de datos del proyecto Anfibios de Sinaloa está conformada por la contribución de 113 observadores (Naturalista, 2021). La mayoría de los observadores realizan pocas observaciones (<5) y pocos observadores realizan un gran número de registros, por lo que el número de especies que reportan los observadores y el número de registros de cada observador mantienen una relación de tipo exponencial (Apéndice 2), 10 observadores aportan 412 observaciones, lo que representa el 68.55% de los datos. Estos 10 observadores aportan el registro de 24 de las 30 especies que registra Naturalista para

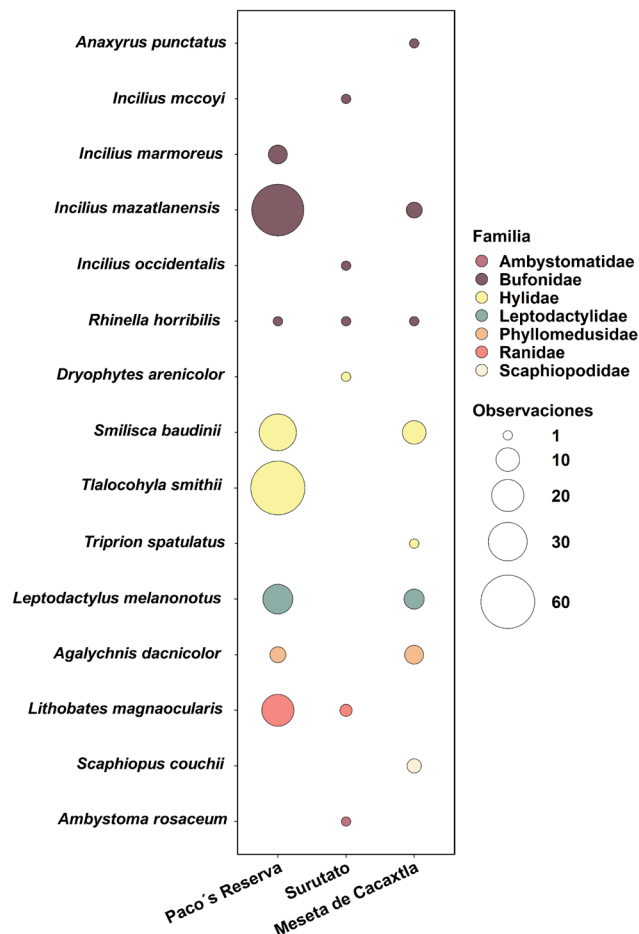


Figure 4. Observations of amphibians in the Natural Protected Areas of Sinaloa recorded in GBIF (2021b) from Naturalista data.

Figura 4. Observaciones de anfibios en Áreas Naturales Protegidas de Sinaloa registradas en GBIF (2021b) a partir de datos de Naturalista.

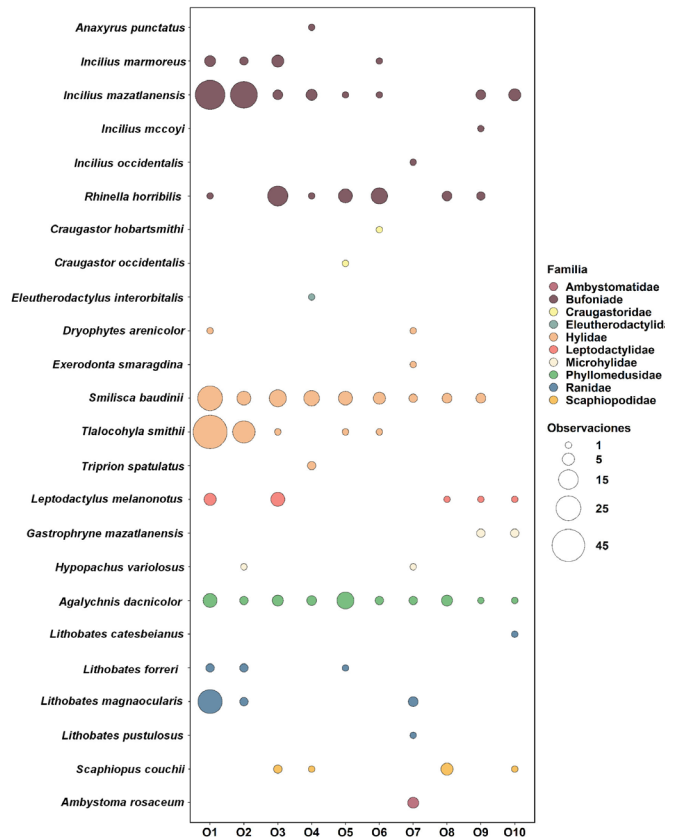


Figure 5. Number of observations per family and species of the top 10 Naturalista contributors obtained through GBIF (2021b).

Figura 5. Número de observaciones por familia y especies de los 10 principales contribuyentes de Naturalista obtenidos a través de GBIF (2021b).

Sinaloa. Las especies más observadas de estos 10 observadores fueron *I. mazatlanensis* (20.38%), *S. baudinii* (17.47%), *T. smithii* (17.47%), *R. horribilis* (9.70%), *A. dacnicolor* (9.98%), *L. melanonotus* (7.52%), *L. magnaocularis* (7.03%) y también contribuyen con registros de especies poco observadas como *Anaxyrus punctatus*, *Craugastor hobartsmithi* y *Eleutherodactylus interorbitalis* (Fig. 5). Asimismo, la distribución de las observaciones de los 10 contribuyentes principales del proyecto Anfibios de Sinaloa en Naturalista se agrupa en las principales ciudades y tres ANPs (Fig. 3C). Las categorías de amenaza de acuerdo con la IUCN y los puntajes EVS se muestran en la Tabla 2 para las 41 especies de anfibios registradas en Sinaloa. Entre ambas categorías de conservación, las especies muestran distintos niveles de riesgo de amenaza. En la lista de la IUCN, el 85.36% de las especies se clasifican como preocupación menor (LC), el 4.80% como especies vulnerables (VU), el 2.43% representado por una especie como casi amenazada (NT) y el 7.31% como no evaluadas (NE) (Tabla 2). Por otro lado, en términos de vulnerabilidad



Table 2. Systematic list according to Frost (2021) of the species recorded in the scientific literature on amphibians in Sinaloa (Lemos-Espinal & Smith, 2020 and Loc-Barragán et al., 2020), observations recorded by the project Anfibios de Sinaloa at Naturalista (Naturalista, 2021) and in scientific collections made in the last 50 years (GBIF, 2021c). Environmental Vulnerability Scores (EVS) and vulnerability categories according to score range are indicated: low (B) from 3 to 9, medium (M) from 10 to 13 and high (A) from 14 to 19. Threat category of the IUCN: DD = Insufficient data; LC = Least Concern, VU = Vulnerable, NT = Near Threatened; EN = Endangered; CE = critically endangered; NE = not evaluated.

Tabla 2. Lista sistemática de acuerdo con Frost (2021) de las especies registradas en literatura científica sobre anfibios en Sinaloa (Lemos-Espinal & Smith, 2020 y Loc-Barragán et al., 2020), observaciones registradas por el proyecto Anfibios de Sinaloa de Naturalista (Naturalista, 2021) y en colectas científicas realizadas en los últimos 50 años (GBIF, 2021c). Se indican los puntajes de vulnerabilidad ambiental (EVS) y las categorías de vulnerabilidad de acuerdo con el rango de puntaje: bajo (B) del 3 al 9, medio (M) del 10 al 13 y alto (A) del 14 al 19. Categoría de amenaza de la IUCN: DD = Datos insuficientes; LC = Preocupación menor, VU = Vulnerable, NT = Casi amenazado; EN = En peligro de extinción; CE = en peligro crítico; NE = no evaluado.

Taxonomía	Calificación EVS	Categoría IUCN	Registros históricos en literatura	Naturalista	Registros recientes en colectas científicas (1970 - 2020)
Anura					
Bufoniade					
<i>Anaxyrus cognatus</i> (Say, 1822)	B-9	LC	✓		✓
<i>Anaxyrus kelloggi</i> (Taylor, 1938)	A-14	LC	✓		✓
<i>Anaxyrus mexicanus</i> (Brocchi, 1879)	M-13	LC	✓		
<i>Anaxyrus punctatus</i> (Baird y Girard, 1852)	B-5	LC	✓	✓	✓
<i>Incilius alvarius</i> (Girard, 1859)	M-11	LC	✓	✓	
<i>Incilius marmoratus</i> (Wiegmann, 1833)	M-11	LC	✓	✓	✓
<i>Incilius mazatlanensis</i> (Taylor, 1940)	M-12	LC	✓	✓	✓
<i>Incilius mccoysi</i> (Santos-Barrera y Flores-Villela, 2011)*	A-14	LC		✓	
<i>Incilius occidentalis</i> (Camerano, 1879)	M-11	LC	✓	✓	✓
<i>Rhinella horribilis</i> (Wiegmann, 1833)	NE	NE	✓	✓	✓
Craugastoridae					
<i>Craugastor augusti</i> (Dugès, 1879)	B-8	LC	✓	✓	
<i>Craugastor hobartsmithi</i> (Taylor, 1937)	A-15	LC	✓	✓	✓
<i>Craugastor occidentalis</i> (Taylor, 1941)	M-13	LC	✓	✓	✓
<i>Craugastor pygmaeus</i> (Taylor, 1937)	B-9	LC	✓		
<i>Craugastor vocalis</i> (Taylor, 1940)	M-13	LC	✓		✓
Eleutherodactylidae					
<i>Eleutherodactylus interorbitalis</i> (Langebartel y Shannon, 1956)	A-15	LC	✓	✓	✓
<i>Eleutherodactylus</i> sp.**	M-12	LC	✓		✓
<i>Eleutherodactylus pallidus</i> (Duellman, 1958)***	A-17	LC	✓		✓
<i>Eleutherodactylus saxatilis</i> (Webb, 1962)	A-17	NT	✓	✓	✓
<i>Eleutherodactylus teretistes</i> (Duellman, 1958)	A-16	VU	✓		✓
Hylidae					
<i>Dryophytes arenicolor</i> (Cope, 1866)	B-7	LC	✓	✓	✓
<i>Dryophytes eximius</i> (Baird, 1854)	M-10	LC	✓		
<i>Exerodonta smaragdina</i> (Taylor, 1940)	M-12	LC	✓	✓	✓

Table 2 (cont.). Systematic list according to Frost (2021) of the species recorded in the scientific literature on amphibians in Sinaloa (Lemos-Espinal and Smith, 2020 and Loc-Barragán et al., 2020), observations recorded by the project Anfibios de Sinaloa at Naturalista (Naturalista, 2021) and in scientific collections made in the last 50 years (GBIF, 2021c). Environmental Vulnerability Scores (EVS) and vulnerability categories according to score range are indicated: low (B) from 3 to 9, medium (M) from 10 to 13 and high (A) from 14 to 19. Threat category of the IUCN: DD = Insufficient data; LC = Least Concern, VU = Vulnerable, NT = Near Threatened; EN = Endangered; CE = critically endangered; NE = not evaluated.

Tabla 2 (cont.). Lista sistemática de acuerdo con Frost (2021) de las especies registradas en literatura científica sobre anfibios en Sinaloa (Lemos-Espinal y Smith, 2020 y Loc-Barragán et al., 2020), observaciones registradas por el proyecto Anfibios de Sinaloa de Naturalista y en colectas científicas realizadas en los últimos 50 años (GBIF, 2021c). Se indican los puntajes de vulnerabilidad ambiental (EVS) y las categorías de vulnerabilidad de acuerdo con el rango de puntaje: bajo (B) del 3 al 9, medio (M) del 10 al 13 y alto (A) del 14 al 19. Categoría de amenaza de la IUCN: DD = Datos insuficientes; LC = Preocupación menor, VU = Vulnerable, NT = Casi amenazado; EN = En peligro de extinción; CE = en peligro crítico; NE = no evaluado.

Taxonomía	Calificación EVS	Categoría IUCN	Registros históricos en literatura	Naturalista	Registros recientes en colectas científicas (1970 - 2020)
<i>Sarcohyala bistrincta</i> (Cope, 1877)	B-9	LC	✓		
<i>Smilisca baudinii</i> (Duméril y Bibron, 1841)	B-3	LC	✓	✓	✓
<i>Smilisca fodiens</i> (Boulenger, 1882)	B-8	LC	✓	✓	✓
<i>Tlalocohyla smithii</i> (Boulenger, 1902)	M-11	LC	✓	✓	✓
<i>Trachycephalus "vermiculatus"</i> (Cope, 1877)	B-4	NE	✓	✓	
<i>Tripurion spatulatus</i> (Günther, 1882)	M-13	LC	✓	✓	✓
Leptodactylidae					
<i>Leptodactylus melanonotus</i> (Hallowell, 1861)	B-6	LC	✓	✓	✓
Microhylidae					
<i>Gastrophryne mazatlanensis</i> (Taylor, 1943)	B-8	NE	✓	✓	✓
<i>Hypopachus ustus</i> (Cope, 1866)	B-7	LC	✓	✓	
<i>Hypopachus variolosus</i> (Cope, 1866)	B-4	LC	✓		✓
Phyllomedusidae					
<i>Agalychnis dacnicolor</i> (Cope, 1864)	M-13	LC	✓	✓	✓
Ranidae					
<i>Lithobates catesbeianus</i> (Shaw, 1802)	M-10	LC	✓	✓	✓
<i>Lithobates forreri</i> (Boulenger, 1883)	B-3	LC	✓	✓	✓
<i>Lithobates magnaocularis</i> (Frost y Bagnara, 1974)	M-12	LC	✓	✓	✓
<i>Lithobates pustulosus</i> (Boulenger, 1883)	B-9	LC	✓	✓	✓
<i>Lithobates tarahumarae</i> (Boulenger, 1917)	B-8	VU	✓		✓
Scaphiopodidae					
<i>Scaphiopus couchii</i> (Baird, 1854)	B-3	LC	✓	✓	✓
Caudata					
Ambystomatidae					
<i>Ambystoma rosaceum</i> (Taylor, 1941)	A-14	LC	✓	✓	✓
Total de registros y observaciones			40	28	30

*Nuevo registro para Sinaloa **De acuerdo con Grünwald et al. (2021) la especie que se identificaba previamente como *Eleutherodactylus nitidus* se trata de una especie no descrita con distribución en los estados de Sinaloa, Durango, Nayarit, Jalisco y Michoacán. ***No se contabilizó el registro de *Eleutherodactylus pallidus* hecho por Loc-Barragán et al. (2020) porque no se incluye en la base de datos de GBIF (2021c), pero fue depositado en una colección científica de acuerdo con el manuscrito de los autores mencionados.



ambiental, el puntaje EVS categorizó 41.46% de las especies con baja vulnerabilidad, 36.60% con vulnerabilidad media, 19.50% con alta vulnerabilidad y el 2.43% representado por una especie como no evaluada (Tabla 2). En otro orden, 14 especies (77.77%) con un puntaje EVS bajo se registran en Naturalista y sólo cuatro (22.23%) de estas no se registran, en contraste con las de puntajes altos sólo cinco especies (62.50%) están registradas y tres (37.50%) no lo están (Tabla 2). La comparación estadística entre las categorías de vulnerabilidad ambiental en el puntaje EVS en la lista de especies registradas históricamente para Sinaloa y los puntajes de vulnerabilidad ambiental de las especies reportadas en el proyecto Anfibios de Sinaloa, sugieren que no hay diferencias significativas en el nivel de vulnerabilidad de las especies registradas usando la aplicación Naturalista (G test = 0.01, $p = 0.993$; Tabla 3).

En la base de datos del proyecto Anfibios de Sinaloa en Naturalista fue posible encontrar dos ampliaciones de distribución geográfica y dos observaciones relevantes de historia natural. El nuevo registro destacado del sapo chihuahuense (*Incilius mccoysi*) en Sinaloa, fue observado en la localidad de Surutato municipio de Badiraguato (con fecha 22 de septiembre de 2020 y en las coordenadas geográficas: 25.809994° N, 107.568008° O; Naturalista: 60523133; Fig. 6A) y un primer registro de *L. catesbeianus* en vida libre al sur de Sinaloa en el municipio de Mazatlán (observada el 29 de abril 2019, en las coordenadas 23.260572° N, 106.423358° O; este registro tiene reservas de derechos de autor que no permite compartir la

Table 3. Comparison of environmental vulnerability scores (EVS) recorded between historical data and those observed on the Naturalista platform.

Tabla 3. Comparación de los puntajes de vulnerabilidad ambiental (EVS) registrados entre los datos históricos y los observados en la plataforma de Naturalista.

Fuente	Nivel de vulnerabilidad en la escala EVS		
	Baja	Media	Alta
Lemos-Espinal y Smith (2020) y Loc-Barragán et al. (2020)	17	15	7
Naturalista	12	10	5

imagen, pero es consultable en el registro Naturalista: 24136194). También el amplexo heteroespecífico de aparentemente un macho de *I. mazatlanensis* y una hembra de *S. baudinii* (fecha de 13 de agosto de 2020 y en las coordenadas geográficas: 22.781738° N, 105.910371° O; Naturalista: 63668607; Fig. 6B) observado en el municipio de Escuinapa. Por último, la depredación de la rana arborícola mexicana (*S. baudinii*) por una serpiente escombrera del occidente de México (*Leptodeira punctata*) en la localidad de El Recreo, Mazatlán (fecha de 10 de noviembre de 2007 y en las coordenadas geográficas: 23.446798° N, 106.533662° O; Naturalista: 48313613; Fig. 6C).



Figure 6. In Naturalista, relevant observations on natural history and novel species distribution can be found, for example: A) The first record of the Chihuahuan toad (*Incilius mccoysi*) made by © Jesús Eduardo Quintero Melecio. B) Heterospecific amplexus of apparently a male of *Incilius mazatlanensis* and a female of *Smilisca baudinii* observed by © Eber Alan Barraza Herrera. C) Predation of the Mexican tree frog (*S. baudinii*) by a slag snake from western Mexico (*Leptodeira punctata*) recorded by © Leonardo López.

Figura 6. En Naturalista pueden encontrarse observaciones relevantes sobre historia natural y distribución novedosa de especies, por ejemplo: A) El primer registro del sapo chihuahuense (*Incilius mccoysi*) realizado por © Jesús Eduardo Quintero Melecio. B) Amplexo heteroespecífico de aparentemente un macho de *Incilius mazatlanensis* y una hembra de *Smilisca baudinii* observado por © Eber Alan Barraza Herrera. C) Depredación de la rana arborícola mexicana (*S. baudinii*) por una serpiente escombrera del occidente de México (*Leptodeira punctata*) registrado por © Leonardo López.



DISCUSIÓN

Este estudio muestra la contribución de la plataforma Naturalista como herramienta para detectar biodiversidad de anfibios en sitios carentes de exploración científica reciente y sin un protocolo estructurado en la recopilación de datos de ciencia ciudadana. La plataforma digital Naturalista en México tiene casi una década desde que se puso en función y hasta la fecha se debate la dificultad para lograr la participación voluntaria necesaria, la gestión y el análisis de datos, así como la comunicación y traducción de los resultados requeridos para ampliar sustancialmente los esfuerzos de esta plataforma (Ellwood et al., 2017). Por lo tanto, nuestro estudio contribuye a este debate, proponiendo una ruta para acceder a la información de Naturalista por medio de GBIF que facilita la gestión y el análisis de la información.

En el listado más reciente sobre la herpetofauna de Sinaloa se incluyeron 39 especies de anfibios (Lemos-Espinal & Smith, 2020). El mismo año, Loc-Barragán et al. (2020) sumaron el primer registro de *Eleutherodactylus pallidus* para el estado y nuestro estudio incorpora, gracias al uso de Naturalista, un nuevo registro del sapo *I. mccoysi* en el norte de Sinaloa, actualizando la lista de anfibios para Sinaloa a un total de 41 especies.

La popularización del uso de Naturalista se ve reflejado en la información analizada con el aumento exponencial en las observaciones de anfibios de Sinaloa en los últimos 5 años. El evento denominado *City Nature Challenge* ha tenido una especial influencia en la cantidad de observaciones que se registran en Naturalista, en especial en los alrededores de Mazatlán que suele destacarse como una de las ciudades con mayor número de observaciones a nivel nacional (Naturalista, 2019). No obstante, el 68.55% de las observaciones en Naturalista han sido hechas entre 2006 y 2020 por sólo 10 observadores, lo que apoya la idea de que los proyectos de ciencia ciudadana se sostienen principalmente por los usuarios con mayor experiencia (Wood et al., 2011).

Entre las observaciones de Naturalista y GBIF se muestra una diferencia de 287 registros, esta diferencia es notoria incluso en la falta de información para dos especies (*H. ustus* e *I. alvarius*) con al menos un registro en Naturalista. Una comparación detallada que hicimos para entender esta discrepancia nos sugiere que esto puede deberse principalmente a que algunas observaciones no presentan una licencia de derechos de autor compartida (CC BY-C 4.0 o CC BY 4.0), por lo que GBIF no incorpora un 14% de los registros de Naturalista con grado de investigación. La única manera en que podrían encontrarse mayores coincidencias en las observaciones entre ambas bases de datos en el futuro

es motivando a que los usuarios cambien a una licencia compartida sus observaciones. Como explica Anhalt-Depies et al. (2019) el uso de la privacidad de los datos sobre biodiversidad obtenidos por ciencia ciudadana puede limitar su acceso abierto al público e impide que puedan usarse en investigación. Por lo tanto, promover el uso de licencia compartidas en los registros de Naturalista es un desafío importante en el conocimiento de la biodiversidad en general, y de los anfibios en Sinaloa en particular, para poder hacer análisis de estos datos.

En contraste con la información generada por colecta científica tradicional y los registros de ciencia ciudadana mediante Naturalista se destaca que, en un periodo de 50 años se ha logrado capturar mediante colectas científicas un número similar de registros y de especies a lo obtenido por medio de Naturalista en 14 años (679 individuos de 30 especies entre 1970 y 2020 por colectas científicas, versus 888 individuos de 30 especies entre 2006 y 2020 con la aplicación Naturalista, respectivamente). Las colectas científicas de las últimas cinco décadas cubren casi en su totalidad el territorio del estado de Sinaloa, aunque tienen un patrón ligado a las carreteras, particularmente las carreteras Durango-Mazatlán y la carretera Internacional que cursa de sur a norte (Apéndice 3). Las colectas científicas fueron hechas de forma intermitente en las últimas cinco décadas, en 24 de estos años no hubo registro y en un solo año (1993) se realizaron 259 colectas (el 38% de las colectas para el periodo analizado). En el resto de los años en que sí hubo colecta, el promedio de número de colectas fue de 16 especímenes (Apéndice 4).

Es relevante mencionar que, tanto en la colecta científica tradicional como en los registros por medio de Naturalista, hay tres especies que no se han colectado en los últimos 50 años en el estado, incluyendo: *Craugastor pygmaeus*, *Dryophytes eximius*, y *Sarcohylla bistrincta* (véase Tabla 2). En el Apéndice 5 se indica el año en que se realizaron las últimas colectas de estas especies en Sinaloa. Esta falta de observación reciente pone en duda el estado de conservación y presencia actual en Sinaloa, por lo que deberían verificarse.

En la base de datos del proyecto Anfibios de Sinaloa sobresale que el mayor número de registros corresponde a especies de talla mediana o grande con longitud hocico-cloaca (LHC) de 58 a 95 mm y en ambientes antropizados, como *A. dacnicolor*, *I. mazatlanensis*, *L. magnaocularis*, *R. horribilis* y *S. baudinii*. A diferencia de las especies de anfibios que son pequeñas (LHC < 28 mm), difíciles de visualizar, localizar y son desafiantes para identificar, tales como *Eleutherodactylus interiorbitalis*, *Eleutherodactylus saxatilis*, *Exerodonta smaragdina*, *H. ustus* y *Lithobates pustulosus*. Cabe resaltar que, en el periodo de 14

años analizados, la familia Eleuterodactylidae es la que menos registros tiene en la plataforma (0.33%) y especies como *E. pallidus* y *E. teretistes* no se registran, probablemente por la naturaleza esquiva de estas especies, su área de distribución restringida y porque es una de las familias registradas para Sinaloa con mayor nivel de riesgo de amenaza. En un análisis sobre los patrones de diversidad de los anfibios en Sinaloa usando mapas de distribución de especies de la IUCN (Serrano et al., 2014) se encontró que seis especies de anuros están presentes en todos los climas, categorías fisiográficas y de humedad de suelo del estado (*Anaxyrus punctatus*, *C. vocalis*, *S. baudinii*, *A. dacnicolor*, *L. magnaocularis* y *Scaphiopus couchii*). Este patrón de amplia distribución se respalda en los datos del proyecto Anfibios de Sinaloa en Naturalista, excepto con *A. punctatus* y *C. vocalis* que tienen bajo número de observaciones y ningún registro, respectivamente.

Por otra parte, la estacionalidad de las observaciones de anfibios en Sinaloa se concentra en un 57% entre los meses de julio y noviembre, reflejando los meses de mayor humedad que marcan la estación lluviosa del bosque tropical caducifolio, tipo de vegetación dominante en la plataforma continental de Sinaloa (Murphy & Lugo, 1986; Serrano et al., 2014; Berlanga-Robles et al., 2018). En el patrón de observaciones no sobresale una posible influencia del evento Reto Naturalista Urbano (*City Nature Challenge*; Naturalista, 2019) que suele realizarse entre abril y mayo, como un evento que incorpore amplios registros de anfibios.

Debido a ello es posible confiar en que el patrón de observaciones de Naturalista refleja los cambios fenológicos relacionados con la aparición estacional de las especies y que explica que sean más observados. En contraste con un estudio en que se evaluó la estacionalidad de los anfibios en Chamela y se reportaron ocho de las 16 especies de anfibios que comparten el área con Sinaloa (García & Cabrera-Reyes, 2008), pero no se reportan a *S. baudinii* y *A. dacnicolor*, especies que en los registros ciudadanos de Sinaloa cuentan con mayor número de observaciones.

En otro estudio, Lujá et al. (2017) evaluaron la abundancia de anfibios en el ANP San Juan en Nayarit, donde se comparte el 36.58% (15) de las especies con Sinaloa, dichos autores registraron a *E. smaragdina*, *C. occidentalis* y *C. vocalis* como los anfibios más abundantes en el ANP de Nayarit, pero en Sinaloa ambas especies fueron poco registradas. Probablemente esto se deba a que la distribución de los anfibios se ve afectada por variaciones en las características de los sitios de reproducción (Luna-Gómez et al., 2017).

De acuerdo con los datos de Naturalista, los sitios con mayor número de observaciones de anfibios en Sinaloa se concentran dentro las ciudades más pobladas y en las ANPs, mayoritariamente en la planicie costera, probablemente porque en estas zonas se promueve el turismo y convergen áreas recreativas, como en el sur de Sinaloa. Por otro lado, sólo algunas estribaciones de la Sierra Madre Occidental cuentan con observaciones de anfibios y las celdas que contienen de una a dos observaciones representan el 72.07%, por lo que esta escasez de información probablemente se deba a la inaccesibilidad a la Sierra por los conflictos sociales en la región (Carpio-Domínguez, 2021). Además, tomando en cuenta la extensión territorial de Sinaloa (~ 58, 200 km²), en <2% de su superficie (1,111 km²) se han realizado observaciones ciudadanas de anfibios. En cuanto a los observadores, sus registros se concentran de igual manera en las principales ciudades y las zonas prioritarias para la conservación, pero al menos siete de los 10 principales observadores tienen mayor actividad de observación al sur de Sinaloa. Por lo tanto, esta actividad de los observadores probablemente se deba a que residen cerca de estas áreas y porque estas zonas les pueden proporcionar cierto grado de seguridad para observar la naturaleza.

Con base en los datos de Naturalista, no hay registros de anfibios en la mayoría de las ANPs en Sinaloa pese a que su superficie es mayor a la de aquellas donde sí encontramos registros (Apéndice 1). En ninguna de estas ANPs se cuenta con observaciones de especies amenazadas según las categorías de amenaza de la IUCN, pero sólo dos especies con alto riesgo de amenaza según los puntajes EVS (*I. mccoysi* y *Ambystoma rosaceum*, en el ANP Estatal Surutato). El ADVC Paco's Reserva de Flora y Fauna es el ANP que cuenta con mayor cantidad de observaciones de anfibios de ciencia ciudadana. Las especies más observadas en esta ANP son de baja vulnerabilidad ambiental (*I. mazatlanensis*, *T. smithii* y *S. baudinii*). No obstante, Suazo-Ortuño (2002) menciona que *T. smithii* y *L. melanonotus* requieren de condiciones prístinas del hábitat, por lo que es probable que Paco's Reserva de Flora y Fauna cuente con estas condiciones.

Por otro lado, cuando evaluamos la hipótesis de que las especies que más se observan pertenecen a un puntaje de vulnerabilidad ambiental bajo, encontramos que solo cuatro de 14 especies (22.23%) con un puntaje EVS bajo y tres de cinco especies con puntajes altos (37.50%), no se registran en Naturalista. Por lo tanto, las especies registradas en Naturalista incluyen a aquellas indistintamente de su nivel de vulnerabilidad ambiental, lo que demuestra que la adquisición de información no estructurada en Naturalista permite registrar especies de todos los niveles de vulnerabilidad ambiental, pues estas

se registraron proporcionalmente al nivel de vulnerabilidad ambiental reportada en la lista de especies esperadas para Sinaloa (Lemos-Espinal & Smith, 2020; Loc-Barragán et al., 2020).

Algunas observaciones relevantes de historia natural para Sinaloa alojadas en los registros que observamos de Naturalista incluyen: el nuevo registro de *I. mccoysi* para Sinaloa observado en la Sierra de Surutato del municipio de Badiraguato, de la cual se contaba con registros históricos cercanos a esta localidad a aproximadamente 80 km en el estado de Durango (Streicher et al., 2014). Además, la rana toro (*L. catesbeianus*) se reporta por primera vez en vida libre en el sur de Sinaloa, específicamente en el municipio de Mazatlán (Naturalista: 24136194). Cerca del punto de observación se ubica el Acuario de Mazatlán (en las coordenadas geográficas: 23.228469° N, 106.427837° O) a 4 km aproximadamente, así como a la granja de ranas toro de la localidad de Villa Unión a la periferia de la ciudad de Mazatlán a ~22 km (en las coordenadas geográficas: 23.189859° N, 106.217714° O). Aunque la rana toro es una especie considerada como introducida e invasora en México (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010), aún existe un debate de si es endémica en algunas regiones del país y se sabe de su presencia en cautiverio en Los Mochis y Guasave (Ávila-Villegas et al., 2007; Casas-Andreu et al., 2001). Recientemente se ha reportado un brote de ranavirus en una granja de rana toro en Guasave, Sinaloa (Saucedo et al., 2019) y la capacidad de esta especie para poner en peligro a las especies nativas debe poner en alerta los esfuerzos de conservación, por lo que debería investigarse si esta especie está aumentando su rango de distribución dentro del estado o si el registro se trata de un individuo aislado.

Por otro lado, destacamos por primera vez la depredación de *S. baudinii* por la culebra *L. punctata* en Mazatlán, Sinaloa. Los colúbridos del género *Leptodeira* se distribuyen desde México hasta Centroamérica y los anuros son parte de su dieta (Barrio-Amorós, 2019; Céspedes-Vindas & Abarca, 2014). Por último, destacamos por primera vez un caso de amplexo heteroespecífico entre un macho de sapito pinto de Mazatlán (*I. mazatlanensis*) y una rana arborícola mexicana (*S. baudinii*) que podría tratarse de una hembra. Es conocido que ambas especies exhiben comportamiento gregario en los mismos cuerpos de agua (Hardy & McDiarmid, 1969), en particular *I. mazatlanensis* puede reproducirse desde marzo hasta octubre, con un pico en la estación lluviosa (Vargas-Álvarez et al., 2017), mientras que *S. baudinii* se reproduce en cualquier época del año después de una lluvia adecuada y son abundantes al inicio de la estación lluviosa (Luna-Gómez et al., 2017).

CONCLUSIÓN

Las observaciones del proyecto de ciencia ciudadana Anfibios de Sinaloa incluyen registros de especies con distintos grados de vulnerabilidad ambiental, lo que indica que, aunque los registros de Naturalista se obtuvieron con participación no estructurada, es posible detectar especies incluso con alta vulnerabilidad ambiental pese a que la mayoría de las observaciones se realizan alrededor de las áreas con mayor urbanización y mayoritariamente fuera de ANPs. Esto sitúa a Naturalista como una herramienta eficaz para obtener información sobre biodiversidad, aunque los registros no sigan una estructuración o dirección específica en su obtención.

El número de observaciones de anfibios en Sinaloa en los últimos 14 años es relevante, pese a que los anfibios son animales pequeños, nocturnos, de escaso valor económico, que causan repulsión a gran parte del público en comparación con otros taxones (Geijzendorffer et al., 2016). Esto representa parte de los desafíos para motivar y lograr incrementar el aprecio y la participación del público por la conservación de anfibios en Sinaloa. Para incrementar la observación de anfibios en el futuro se podrían crear campañas específicas que contribuyan a: 1) sensibilizar al público en general a través de información pública posiblemente en comunidades aledañas a áreas conservadas (Griffiths et al., 2008; Lin et al., 2008; Rommel, 2012); 2) proporcionar programas de educación sobre anfibios (Chang et al., 2008; Tomažič, 2008); y 3) invitar y capacitar a voluntarios para recopilar datos de ciencia ciudadana sobre anfibios (Genet et al., 2008; Kendell, 2003; Weir & Mossman, 2005). Estas actividades pueden llevarse a cabo en los principales puntos de actividad de los observadores y pueden ayudar a motivar al público a cerca de la importancia biológica y ecológica de los anfibios.

Adicionalmente, la obtención de datos de ciencia ciudadana también puede tener un efecto motivacional para la búsqueda activa de anfibios y datos sobre su distribución, abundancia y registro conductual de las especies de anfibios en Sinaloa. De manera destacada, en campañas generales o específicas como el Reto Naturalista Urbano en México (llamado globalmente: *City Nature Challenge*) se debe impulsar que la popularización de Naturalista incluya la incorporación de registros con licencias de mayor acceso que permitan colocar los datos con grado de investigación a disposición para análisis como los que aquí hemos realizado.

Finalmente, con base en la información que analizamos, identificamos sitios estratégicos para realizar estudios de la

anfibiofauna del estado como las ANPs Surutato y Meseta de Cacaxtla, el ADVC Paco's Reserva de Flora y Fauna y algunas ciudades como Los Mochis, Guasave, Culiacán y Mazatlán. También encontramos que hay especies que son clave por su amplia abundancia en las comunidades de anfibios en Sinaloa y son las más registradas en Naturalista, como *I. mazatlanensis*, *S. baudinii*, *T. smithii*, *R. horribilis*, *A. dacnicolor*, *L. melanonotus* y *L. magnaocularis*. En contraste, hay especies que tienen pocos registros o ninguno, y que deben tener mayor atención, como: *A. cognatus*, *D. eximius*, *S. bistrincta*, *L. tarahumarae* y las especies de los géneros *Craugastor* y *Eleutherodactylus*. Futuros registros deberían orientarse a aumentar la búsqueda y registro de especies poco conocidas, por ejemplo, *C. pygmeus*, *C. vocalis*, *E. pallidus* y *E. teretistes* que son difíciles de ver y no cuentan con observaciones en Naturalista. Asimismo, un monitoreo de las especies más abundantes como *A. dacnicolor*, *I. mazatlanensis* y *S. baudinii* podrían brindar información relevante en casos de disturbios ambientales naturales o de origen antropogénico (Suazo-Ortuño et al., 2018).

Nuestro estudio sugiere una alternativa para ubicar las especies de anfibios con probable presencia en Sinaloa, como las especies del grupo *Isthmura bellii* (Bryson et al., 2018), las especies sugeridas por Lemos-Espinal y Smith (2020): *Anaxyrus compactilis*, *Craugastor tarahumaraensis*, *Dryophytes wrightorum*, *Lithobates chiricahuensis* y *Ambystoma silvense*, además de *Anaxyrus mexicanus*, cuya presencia se ha inferido por los mapas de distribución de la IUCN (Serrano et al., 2014), pero no hay registros de colecta de ningún tipo en el territorio de Sinaloa. Estas especies podrían ser encontradas por medio de observadores de ciencia ciudadana a través de un programa especial de búsqueda para ampliar las observaciones de los anfibios de Sinaloa en Naturalista.

Agradecimientos.— A Jesús Eduardo Quintero Melecio, Eber Alan Barraza Herrera y Leonardo López por permitirnos utilizar sus fotografías que ilustran este manuscrito, así como al resto de contribuyentes que registraron sus observaciones en el proyecto Anfibios de Sinaloa en la plataforma Naturalista. También agradecemos a dos revisores anónimos y al Editor por sus sugerencias y comentarios que ayudaron a mejorar sustancialmente este trabajo.

INFORMACIÓN SUPLEMENTARIA

Appendix 1. Geographical extension of the different priority zones for conservation [Voluntary Areas Designated for

Conservation (ADVC, By its acronym in Spanish), State and Federal Protected Natural Areas (ANPs, By its acronym in Spanish)] in Sinaloa.

Apéndice 1. Extensión geográfica de las distintas zonas prioritarias para conservación [Áreas Destinadas Voluntariamente para Conservación (ADVC), Áreas Naturales Protegidas Estatales y Federales (ANPs)] en Sinaloa.

Appendix 2. Frequency and average number of amphibians recorded by Naturalista observers according to GBIF (2021b) records. The size of the points indicates the frequency of observations in the number of species.

Apéndice 2. Frecuencia y número promedio de anfibios registrados por observadores de Naturalista de acuerdo con los registros de GBIF (2021b). El tamaño de los puntos indica la frecuencia de observaciones en el número de especies.

Appendix 3. Map of collections of amphibians deposited in scientific collections from 1970 to 2020.

Apéndice 3. Mapa de colectas de anfibios depositados en colecciones científicas desde 1970 hasta 2020.

Appendix 4. Annual collection of amphibian specimens from 1970 to 2020 in Sinaloa deposited in Collections and scientific Museums (GBIF, 2021c).

Apéndice 4. Colecta anual de especímenes de anfibios entre 1970 y 2020 en Sinaloa depositados en Colecciones y Museos científicos (GBIF 2021c).

Appendix 5. Species without collection records in the last five decades in Sinaloa.

Apéndice 5. Especies sin registros de colecta en las últimas cinco décadas en Sinaloa.

LITERATURA CITADA

Alvarado-Cárdenas, L.O., M.G. Chávez-Hernández & J.F.P. León. 2020. *Gonolobus naturalistae* (Apocynaceae; Asclepiadoideae; Gonolobeae; Gonolobinae), a new species from Mexico. *Phytotaxa* 472:249-258.

Álvarez-Yépiz, J.C. 2020. Restoration ecology in the Anthropocene: learning from responses of tropical forests to extreme disturbance events. *Restoration Ecology* 28:271-276.

- Anhalt-Depies, C., J.L. Stenglein, B. Zuckerberg, P.M. Townsend & A.R. Rissman. 2019. Tradeoffs and tools for data quality, privacy, transparency, and trust in citizen science. *Biological Conservation* 238:108195.
- Ávila-González, H., J.G. González-Gallegos, I.L. López-Enríquez, L. Ruacho-González, J. Rubio-Cardoza & A. Castro-Castro. 2019. Inventario de las plantas vasculares y tipos de vegetación del Santuario El Palmito, Sinaloa, México. *Botanical Sciences* 97:789-820.
- Ávila-Villegas, H., L.P. Rodríguez-Olmos & L.F. Lozano-Román. 2007. Rana toro (*Lithobates catesbeianus*): anfibio introducido en Aguascalientes, México. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana* 15:16-17.
- 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.
- Berlanga-Robles, C.A., A. Cervantes-Escobar & E. Murúa-Figueroa. 2018. Estacionalidad y tendencias del bosque seco de la cuenca Piaxtla-Elota-Quelite y área protegida Meseta de Cacaxtla, México. *Madera y Bosques* 24:e2431576.
- Boersch-Supan, P.H., A.E. Trask & S.R. Baillie. 2019. Robustness of simple avian population trend models for semi-structured citizen science data is species-dependent. *Biological Conservation* 240:108286.
- Borzée, A., H.J. Baek, C.H. Lee, D.Y. Kim, J.Y. Song, J.H. Suh, Y. Jang & M.S. Min. 2019. Scientific publication of georeferenced molecular data as an adequate guide to delimit the range of Korean *Hynobius* salamanders through citizen science. *Acta Herpetologica* 14:27-33.
- Bryson Jr. RW., E. Zarza, J.A. Grummer, G. Parra-Olea, O. Flores-Villela, J. Klicka & J.E. McCormack. 2018. Phylogenomic insights into the diversification of salamanders in the *Isthmura bellii* group across the Mexican highlands. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 125:78-84.
- Callaghan, C.T., I. Ozeroff, C. Hitchcock & M. Chandler. 2020. Capitalizing on opportunistic citizen science data to monitor urban biodiversity: a multi-taxa framework. *Biological Conservation* 251:108753.
- Casas-Andreu, G., X. Aguilar-Miguel & J.R. Cruz-Aviña. 2001. La introducción y el cultivo de la rana toro (*Rana catesbeiana*). ¿Un atentado a la biodiversidad de México? *Ciencia ergo-sum* 8:62-67.
- Carpio-Domínguez, J.L. 2021. Crimen organizado (narcotráfico) y conservación ambiental: el tema pendiente de la seguridad pública en México. *Revista CS* 33:237-74.
- Céspedes-Vindas, J. & J.G. Abarca. 2014. Diet: *Leptodeira rhombifera*. *Mesoamerican Herpetology* 1:288-289.
- Chang, J.C.W., H.C. Tang, S.L. Chen & P.C. Chen. 2008. How to lose a habitat in 5 years: trial and error in the conservation of the farmland green tree frog *Rhacophorus arvalis* in Taiwan. *International Zoo Yearbook* 42:109-115.
- Collins, N. & C.G. Velazco-Macias. 2021. *Neoxabea mexicana* sp. nov. (Gryllidae: Oecanthinae): a new species from Mexico and a key for Neoxabea in North and Central America. *Journal of Orthoptera Research* 30:99-106.
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. 2010. Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ciudad de México, México.
- CONABIO. 2021. Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre la Biodiversidad (SNIB). <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> [Consultado en febrero 2021]
- Conti, M., A. Passarella & S.K. Das. 2017. The Internet of People (IoP): a new wave in pervasive mobile computing. *Pervasive and Mobile Computing* 41:1-27.
- Conti, M. & A. Passarella. 2018. The Internet of People: a human and data-centric paradigm for the next generation internet. *Computer Communications* 131:51-65.
- Donald, P.F., R.E. Green & M.F. Heath. 2001. Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 268:25-29.
- Edwards, G. B. 2020. Description of *Phidippus pacosauritus* sp. nov. (Salticidae: Salticinae: Dendryphantini: Dendryphantina), with a reanalysis of related species in the mystaceus group. *Peckhamia* 221:1-18.



- Ellwood, E.R., T.M. Crimmins & A.J. Miller-Rushing. 2017. Citizen science and conservation: recommendations for a rapidly moving field. *Biological Conservation* 208:1-4.
- Flores-Campaña, L.M., J.F. Arzola-González, M. Ramírez-Soto & A. Osorio-Pérez. 2012. Repercusiones del cambio climático global en el estado de Sinaloa, México. *Cuadernos de Geografía, Revista Colombiana de Geografía* 21:115-129.
- Flores-Villela, O.A., H.M. Smith & D. Chiszar. 2004. The history of herpetological exploration in Mexico. *Bonner Zoologische Beiträge* 52:311-335.
- Frías-Alvarez, P., J.J. Zúñiga-Vega & O. Flores-Villela. 2010. A general assessment of the conservation status and decline trends of Mexican amphibians. *Biodiversity and Conservation* 19:3699-3742.
- Frost, D.R. 2021. *Amphibian Species of the World: an online reference*, version 6.1. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA. [Consultado en enero 2021]
- Fugler, C.M. & J.R. Dixon. 1961. Notes on the herpetofauna of the El Dorado area of Sinaloa, Mexico. *Publications of the Museum Michigan State University Biobiological Series* 2:1-21.
- 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, Nueva Serie* 24:91-115.
- GBIF. 2021a. GBIF data processing. <https://www.gbif.org/es/data-processing> [Consultado en junio 2021]
- GBIF. 2021b. GBIF Occurrence Download. <https://doi.org/10.15468/dl.aeugm6> [Consultado en enero 2021]
- GBIF. 2021c. GBIF Occurrence Download. <https://doi.org/10.15468/dl.7epwwn> [Consultado en diciembre 2021]
- Griffiths, R.A., V. Graue, I.G. Bride & J.E. McKay. 2004. Conservation of the axolotl (*Ambystoma mexicanum*) at Lake Xochimilco, Mexico. *Herpetological Bulletin* 89:4-11.
- Grünwald, C.I., J. Reyes-Velasco, H. Franz-Chávez, K.I. Morales-Flores, I.T. Ahumada-Carrillo, C.M. Rodríguez & J.M. Jones. 2021. Two new species of *Eleutherodactylus* (Anura: Eleutherodactylidae) from southern Mexico, with comments on the taxonomy of related species and their advertisement calls. *Amphibian & Reptile Conservation* 15:e272.
- Geijzendorffer, I.R., E.C. Regan, H.M. Pereira, L. Brotons, N. Brummitt, Y. Gavish, P. Haase, C.S. Martin, J.B. Mihoub, C. Secades, D.S. Schmeller, S. Stoll, F.T. Wetzel & M. Walters. 2016. Bridging the gap between biodiversity data and policy reporting needs: an essential biodiversity variables perspective. *Journal of Applied Ecology* 53:1341-1350.
- Genet, K.S., C.A. Lepczyk, R.A. Christoffel, L.G. Sargent & T.M. Burton. 2008. Using volunteer monitoring programs for anuran conservation along a rural-urban gradient in southern Michigan, USA. Pp. 565-574. En J. C. Mitchell, R. E. Jung Brown & B. Bartholomew (Eds.). *Urban Herpetology: Ecology, Conservation and Management of Amphibians and Reptiles in Urban and Suburban Environments*. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Salt Lake City, Utah.
- Halffter, G. & J.J. Morrone. 2017. An analytical review of Halffter's Mexican transition zone, and its relevance for evolutionary biogeography, ecology and biogeographical regionalization. *Zootaxa* 4226:1-46.
- Hardy, L.M. & R.W. McDiarmid. 1969. *The amphibians and reptiles of Sinaloa, Mexico*. University of Kansas Publications 18:39-252.
- iNaturalist*. 2019. Condiciones de servicio. https://www.inaturalist.org/pages/condiciones_de_servicio [Consultado en abril 2021]
- INEGI. 2021. Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0). <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/> [Consultado en marzo 2021]
- IUCN. 2021. The IUCN Red List of Threatened Species, Version 2021-1. <https://www.iucnredlist.org> [Consultado en marzo 2021]
- Johnson, B.A., A.D. Mader, R. Dasgupta & P. Kumar. 2019. Citizen science and invasive alien species: an analysis of citizen science initiatives using information and communications technology (ICT) to collect invasive alien species observations. *Global Ecology and Conservation* 21: e00812.
- Johnston, A., N. Moran, A. Musgrove, D. Fink & S.R. Baillie. 2020. Estimating species distributions from spatially biased citizen science data. *Ecological Modelling* 422:108927.
- Kendall, K. 2003. Northern leopard frog reintroduction: year 4 (2002). Alberta sustainable resource development, Fish and wildlife division, Alberta species at risk report No. 78. Alberta, Canada.



- Krabbenhoft, C.A. & D.R. Kashian. 2020. Citizen science data are a reliable complement to quantitative ecological assessments in urban rivers. *Ecological Indicators* 116:106476.
- Krištín, A., B. Jarčuška & P. Kaňuch. 2020. An annotated checklist of crickets, grasshoppers and their allies (Orthoptera) in Slovakia. *Zootaxa* 4869:207-241.
- Laufer, G., N. Gobel, N. Kacevas & I. Lado. 2018. Detección con participación ciudadana de una nueva población feral de rana toro (*Lithobates catesbeianus*) en un área protegida de Uruguay. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 1:47-50.
- 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* 12:277-280.
- Lin, H.C., L.Y. Cheng, P.C. Chen & M.H. Chang. 2008. Involving local communities in amphibian conservation: Taipei frog *Rana taipehensis* as an example. *International Zoo Yearbook* 42:90-98
- Lloyd, T.J., R.A. Fuller, J.L. Oliver, A.I. Tulloch, M. Barnes & R. Steven. 2020. Estimating the spatial coverage of citizen science for monitoring threatened species. *Global Ecology and Conservation* 23: e01048.
- Loc-Barragán, J.A., H. Franz-Chávez, A.J. Grünwald & C.I. Grünwald. 2020. Geographic distribution: first record of *Eleutherodactylus pallidus* (Amphibia: Eleutherodactylidae) for the state of Sinaloa, Mexico. *Herpetological Review* 51:532.
- Longo, A., M. Zappatore & M.A. Bochichio. 2020. Apollon: towards a citizen science methodology for urban environmental monitoring. *Future Generation Computer Systems* 112:899-912.
- Luja, V.H., J.A. López, R. Cruz-Elizalde & A. Ramírez-Bautista. 2017. Herpetofauna inside and outside from a natural protected area: the case of Reserva Estatal de la Biósfera Sierra San Juan, Nayarit, Mexico. *Nature Conservation* 21:15-38.
- Luna-Gómez, M.I., A. García & G. Santos-Barrera. 2017. Spatial and temporal distribution and microhabitat use of aquatic breeding amphibians (Anura) in a seasonally dry tropical forest in Chamela, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 65:1082-1094.
- Maes, D., N.J.B. Isaac, C.A. Harrower, B. Collen, A.J. van-Strien & D. B. Roy. 2015. The use of opportunistic data for IUCN Red List assessments. *Biological Journal of the Linnean Society* 115:690-706.
- Márquez-Salazar, G., B. Salomón-Montijo, A. Reyes-Olivas, M. Amador-Medina & G. Millán-Otero. 2019. Composición y diversidad florística de bosques secos en la Meseta de Cacaxtla, Sinaloa, México. *Gayana Botanica* 76:176-188.
- 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.
- Medina-Torres, S.M., I. Cortés-Gregorio, E. Lara-Ponce & E.A. Sandoval-Forero. 2016. Uso de mamíferos silvestres entre yoremes y yoris de El Fuerte, Sinaloa, México. *Agricultura, Sociedad y desarrollo* 13:529-545.
- Morrone, J.J. 2001. Biogeografía de América Latina y el Caribe. MyT- Manuales y tesis SEA, vol. 3, Zaragoza, España.
- Murphy, P.G. & A.E. Lugo. 1986. Ecology of tropical dry forest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17:67-88.
- Naturalista. 2021. Proyecto Anfibios de Sinaloa. <https://www.naturalista.mx/projects/anfibios-de-sinaloa> [Consultado en diciembre 2021]
- Naturalista. 2019. Reto naturalista urbano México 2019. <https://www.naturalista.mx/projects/reto-naturalista-urbano-mexico-2019> [Consultado en diciembre 2021]
- Newman, G., A. Wiggins, A. Crall, E. Graham, S. Newman & K. Crowston. 2012. The future of citizen science: emerging technologies and shifting paradigms. *Frontiers in Ecology and the Environment* 10:298-304.
- Newson, S.E., H.E. Evans & S. Gillings. 2015. A novel citizen science approach for large-scale standardised monitoring of bat activity and distribution, evaluated in eastern England. *Biological Conservation* 191:38-49.
- O'Hanlon, S.J., A. Rieux, R.A. Farrer, G.M. Rosa, B. Waldman, A. Bataille, T.A. Kosch, K.A. Murray, B. Brankovics, M. Fumagalli, M.D. Martin, N. Wales, M. Alvarado-Rybak, K.A. Bates, L. Berger, S. Böll, L. Brookes, F. Clare, E.A. Courtois, A.A. Cunningham, T.M. Doherty-Bone, P. Ghosh, D.J. Gower, W.E. Hintz, J. Höglund,



- T.S. Jenkinson, C.F. Lin, A. Laurila, A. Loyau, A. Martel, S. Meurling, C. Miaud, P. Minting, F. Pasmans, D.S. Schmeller, B.R. Schmidt, J.M.G. Shelton, L.F. Skerratt, F. Smith, C. Soto-Azat, M. Spagnolett, G. Tessa, L.F. Toledo, A. Valenzuela-Sánchez, R. Verster, J. Vörös, R.J. Webb, C. Wierzbicki, E. Wombwell, K.R. Zamudio, D.M. Aanensen, T.Y. James, M.T.P. Gilbert, C. Weldon, J. Bosch, F. Balloux, T.W.J. Garner & M.C. Fisher. 2018. Recent Asian origin of chytrid fungi causing global amphibian declines. *Science* 360:621-627.
- Pearman-Gillman, S.B., J.E. Katz, R.M. Mickey, J.D. Murdoch & T.M. Donovan. 2019. Predicting wildlife occurrence with expert elicitation techniques: an assessment of species distributions in New England, United States. *Global Ecology and Conservation* 21:e00853.
- Phillimore, A.B., J.D. Hadfield, O.R. Jones & R.J. Smithers. 2010. Differences in spawning date between populations of common frog reveal local adaptation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107:8292-8297.
- Pocock, M.J.O., H.E. Roy, C.D. Preston & D.B. Roy. 2015. The biological records centre: a pioneer of citizen science. *Biological Journal of the Linnean Society* 115:475-493.
- Powney, G.D. & N.J.B. Isaac. 2015. Beyond maps: detecting signals of change amidst the noise in the records. *Biological Journal of the Linnean Society* 115:532-542.
- Reyes-Velasco, J. & R. Ramírez-Chaparro. 2019. Algunas sugerencias para el formato de listados herpetofaunísticos de México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 2:103-106.
- Ripple, W.J., C. Wolf, T.M. Newsome, M.G. Betts, G. Ceballos, F. Courchamp, M.W. Hayward, B. van Valkenburgh, A.D. Wallach & B. Worm. 2019. Are we eating the world's megafauna to extinction? *Conservation Letters* e12627.
- Rommel, R.E. 2012. Toad trackers: amphibians as gateway species to biodiversity stewardship. *Herpetological Review* 43:417-421.
- Rowley, J.J.L., C.T. Callaghan, T. Cutajar, C. Portway, K. Potter, S. Mahony, D.F. Trembath, P. Flemons & A. Woods. 2019. FrogID: citizen scientists provide validated biodiversity data on frogs of Australia. *Herpetological Conservation and Biology* 14:155-170.
- 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.
- Saucedo, B., J.M. Serrano, M. Jacinto-Maldonado, R. 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., 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.
- Smith, H.M. & R.G. Van Gelder. 1955. New and noteworthy amphibians and reptiles from Sinaloa and Puebla, Mexico. *Herpetologica* 11:145-149.
- Sodhi, N.S., D. Bickford, A.C. Diesmos, T.M. Lee, L.P. Koh, B. W. Brook, C.H. Sekercioglu & C.J.A. Bradshaw. 2008. Measuring the meltdown: drivers of global amphibian extinction and decline. *PLoS ONE* 3:e1636.
- Spear, D.M., G.B. Pauly & K. Kaiser. 2017. Citizen science as a tool for augmenting museum collection data from urban areas. *Frontiers in Ecology and Evolution* 5:86.
- Streicher, J.W., J. Reyes-Velasco, C.L. Cox, J.A. Campbell & O. Flores-Villela. 2014. Additional distributional records of a recently described Mexican toad species, *Incilius mccoysi* (Anura: Bufonidae). *Herpetology Notes* 7:207-210.
- Suazo-Ortuño, I. 2002. Effects of habitat disturbance on a frog community in a Mexican tropical dry forest. *Froglog* 49:2.
- Suazo-Ortuño, I., J. Benítez-Malvido, J. Marroquín-Páramo, Y. Soto, H. Siliceo & J. Alvarado-Díaz. 2018. Resilience and vulnerability of herpetofaunal functional groups to natural and human disturbances in a tropical dry forest. *Forest Ecology and Management* 426:145-157.
- Tomažič, I. 2008. The influence of direct experience on students' attitudes to, and knowledge about amphibians. *Acta Biologica Slovenica* 51:39-49.
- Turbé, A., J. Barba, M. Pelacho, S. Mugdal, L.D. Robinson, F. Serrano-Sanz, F. Sanz, C. Tsinaraki, J.M. Rubio & S. Schade. 2019. Understanding the citizen science landscape for European



- environmental policy: an assessment and recommendations. Citizen Science: Theory and Practice 4:34.
- Van der Heiden, A.M., J.A. Castillo-Guerrero, A.K.A. Van der Heiden & M. Ruiz-Guerrero. 2018. Caracterización de la avifauna de La Guásima, Concordia, sur de Sinaloa, México, con énfasis en las especies asociadas a la selva tropical seca y anotaciones sobre especies accidentales y en riesgo. Revista Mexicana de Biodiversidad 89:243-267.
- Van Devender, T.R., M. Ruiz-Guerrero, A.L. Reina-Guerrero, P. Mejía-Mora, S. Guido-Sánchez & A.M. Van der Heiden. 2012. Flora de La Guásima, Concordia, Sinaloa, México: región prioritaria para la conservación. Sinaloa, México: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C.
- Vargas-Álvarez, J., D. Mebs, W. Pogoda, S.W. Toennes & G. Köhler. 2017. Reproduction: *Incilius mazatlanensis* (Taylor, 1940). Mesoamerican Hepetology 4:918-920.
- 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.
- Weir, L.A. & M.J. Mossman. 2005. North American Amphibian Monitoring Program (NAAMP). Pp. 307-313. En M. Lannoo (Eds.). Amphibian Declines: the Conservation Status of United States Species. University of California Press, Berkeley, California.
- Wilson, L.D, J.D. Johnson & V. Mata-Silva. 2013. A conservation reassessment of the amphibians of Mexico based on the EVS measure. Amphibian & Reptile Conservation 7:97-127.
- Wood, C., B. Sullivan, M. Iliff, D. Fink & S. Kelling. 2011. eBird: engaging birders in science and conservation. PLoS Biology 9: e1001220.
- Zambrano, L., M.F.J. Aronson & T. Fernández. 2019. The consequences of landscape fragmentation on socio-ecological patterns in a rapidly developing urban area: a case study of the National Autonomous University of Mexico. Frontiers in Environmental Science 7:152.

APÉNDICES



Apéndice 1. Geographical extension of the different priority zones for conservation [Voluntary Areas Designated for Conservation (ADVC, By its acronym in Spanish), State and Federal Protected Natural Areas (ANPs, By its acronym in Spanish)] in Sinaloa.

Apéndice 1. Extensión geográfica de las distintas zonas prioritarias para conservación [Áreas Destinadas Voluntariamente para Conservación (ADVC), Áreas Naturales Protegidas Estatales y Federales (ANPs)] en Sinaloa.

Régimen de protección	Zonas prioritarias para conservación	Municipios	Observaciones	Especies	Superficie (ha)
ADVC	Paco's Reserva de Flora y Fauna	Mazatlán	192	8	10.02
	Reserva Ecológica Bahía de Santa María I	Angostura	0	0	292.79
	Reserva Ecológica Bahía de Santa María II	Angostura	0	0	840.1
	Reserva Ecológica Bahía de Santa María III	Angostura	0	0	506.15
	Reserva El Chirimole	Elota	0	0	468.1
ANPs Estatales	El Palmito	Concordia	0	0	4 874.04
	Isla de Oraba	Culiacán	0	0	25.79

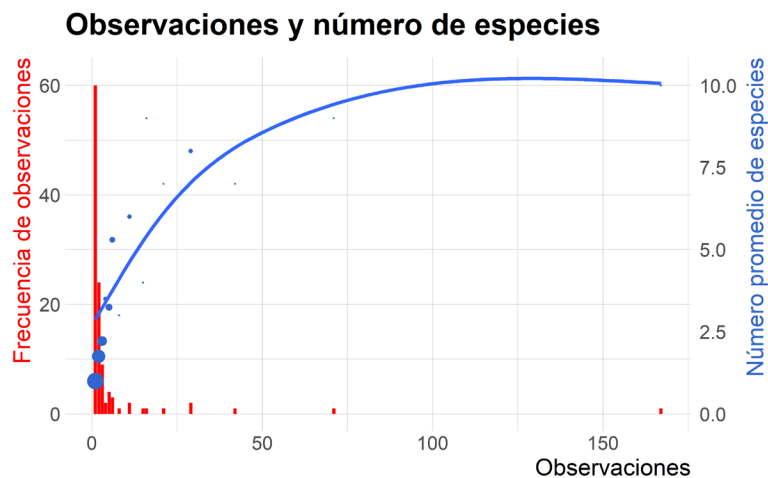
Appendix 1 (cont.). Geographical extension of the different priority zones for conservation [Voluntary Areas Designated for Conservation (ADVC, By its acronym in Spanish), State and Federal Protected Natural Areas (ANPs, By its acronym in Spanish)] in Sinaloa.

Apéndice 1 (cont.). Extensión geográfica de las distintas zonas prioritarias para conservación [Áreas Destinadas Voluntariamente para Conservación (ADVC), Áreas Naturales Protegidas Estatales y Federales (ANPs)] en Sinaloa.

Régimen de protección	Zonas prioritarias para conservación	Municipios	Observaciones	Especies	Superficie (ha)
	Islas del municipio de Mazatlán*	Mazatlán	0	0	105.28
	La Cueva del murciélago del Ejido Topo Viejo	Ahome	0	0	0.59
	Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria	Cosalá	0	0	1 217.78
	Navachiste	Ahome y Guasave	0	0	16 886.93
	Surutato	Badiraguato	7	6	30 555.83
	Vado Hondo y Gruta Cosalá	Cosalá	0	0	3 802.09
ANPs Federales	Islas del Golfo de California	El Rosario, Mazatlán, Elota, Culiacán, Navolato, Angostura, Guasave y Ahome.	0	0	374553.63
	Marismas Nacionales de Nayarit**	Escuinapa	0	0	59.27
	Meseta de Cacaxtla	San Ignacio y Mazatlán	33	8	50 862.31
	Playa Ceuta	Elota y San Ignacio	0	0	144.15
	Playa El Verde Camacho	Mazatlán	0	0	96.64
	Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui	Choix	0	0	191.27

*También se consideran parte de las ANPs Federales.

**Región protegida en los municipios de Nayarit: Tecuala, Rosamorada, Tuxpan, Santiago Ixcuintla y Acajoneta, que también cubren una pequeña zona de marismas al sur de la localidad de Teacapan en municipio de Escuinapa.

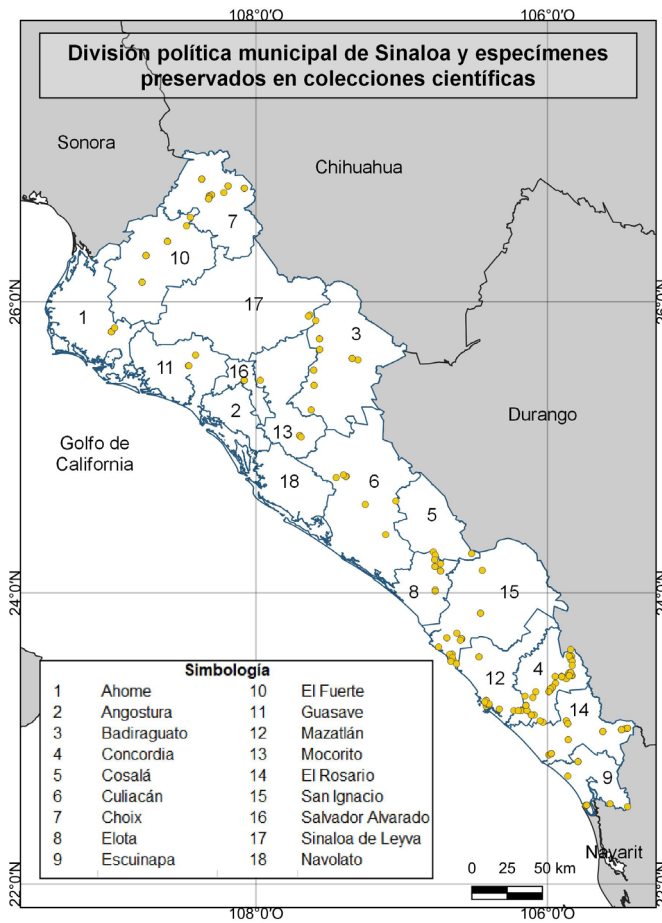


Appendix 2. Frequency and average number of amphibians recorded by Naturalista observers according to GBIF (2021b) records. The size of the points indicates the frequency of observations in the number of species.

Apéndice 2. Frecuencia y número promedio de anfibios registrados por observadores de Naturalista de acuerdo con los registros de GBIF (2021b). El tamaño de los puntos indica la frecuencia de observaciones en el número de especies.

Appendix 3. Map of collections of amphibians deposited in scientific collections from 1970 to 2020.

Apéndice 3. Mapa de colectas de anfibios depositados en colecciones científicas desde 1970 hasta 2020.



Appendix 4. Annual collection of amphibian specimens from 1970 to 2020 in Sinaloa deposited in Collections and scientific Museums (GBIF, 2021c).

Apéndice 4. Colecta anual de especímenes de anfibios entre 1970 y 2020 en Sinaloa depositados en Colecciones y Museos científicos (GBIF 2021c).

Años	Número de colectas
1970	65
1971	20
1972	60
1973	25
1974	15
1975	40
1976	7
1977	2
1978	3
1979	3
1980	2

Appendix 4 (cont.). Annual collection of amphibian specimens from 1970 to 2020 in Sinaloa deposited in Collections and scientific Museums (GBIF, 2021c).

Apéndice 4 (cont.). Colecta anual de especímenes de anfibios entre 1970 y 2020 en Sinaloa depositados en Colecciones y Museos científicos (GBIF 2021c).

Años	Número de colectas
1981	13
1982	8
1983	3
1984	33
1985	29
1986	7
1987	0
1988	0
1989	6
1990	9
1991	0
1992	0
1993	259
1994	0
1995	0
1996	0
1997	0
1998	0
1999	0
2000	22
2001	0
2002	0
2003	0
2004	1
2005	0
2006	2
2007	21
2008	0
2009	0
2010	0
2011	2
2012	0
2013	0
2014	0
2015	0
2016	0
2017	7
2018	15
2019	0
2020	0



Appendix 5. Species without collection records in the last five decades in Sinaloa. California Academy of Science (CAS); University Kansas (KU); Yale Peabody Museum of Natural History (YPMNH).

Apéndice 5. Especies sin registros de colecta en las últimas cinco décadas en Sinaloa. California Academy of Science (CAS); University Kansas (KU); Yale Peabody Museum of Natural History (YPMNH).

Especies	Último año de registro	Años transcurridos	Fuente
Anura			
Craugastoridae			
<i>Craugastor pygmaeus</i>	1963	57	CAS HERP 175697
Hylidae			
<i>Dryophytes eximius</i>	1965	55	YPMNH HERA-021560
<i>Sarcohyala bistrincta</i>	1955	65	KU Herpetology 44567



TERRESTRIAL AMPHIBIANS INHABITING AN URBAN XERIC ECOSYSTEM: AN ASSESSMENT OF FROGS AND SALAMANDERS IN PROTECTED AREAS FROM MEXICO CITY

ANFIBIOS TERRESTRES QUE HABITAN EN UN ECOSISTEMA XÉRICO URBANO: UNA EVALUACIÓN DE RANAS Y SALAMANDRAS EN ÁREAS PROTEGIDAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO

JOSÉ M. SERRANO-SERRANO^{1,2*}, ADRIANA SANDOVAL-COMTE³, GLORIA TAPIA-RAMÍREZ⁴, MARÍA JOSÉ MONTEVERDE⁵ & FLOR G. VÁZQUEZ-CORZAS⁶

¹Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera", Departamento Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510, Ciudad de México, México.

²ONG Ranita de Darwin, Valdivia & Santiago, Chile.

³Red de Biología y Conservación de Vertebrados. Instituto de Ecología, A. C. (INECOL). Carretera antigua a Coatepec No. 351, 91070, Xalapa, Veracruz, México.

⁴Posgrado El Colegio de la Frontera Sur, Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n, Barrio de María Auxiliadora C.P. 29290, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.

⁵Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de México, Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510, Ciudad de México, México.

⁶Pronatura Veracruz A.C. Ignacio Zaragoza No. 153, 91500, Coatepec, Veracruz, México.

*Correspondence: jose.rano@gmail.com

Received: 2021-07-12. Accepted: 2022-02-21. Published: 2022-03-17.

Editor: Irene Goyenechea Mayer Goyenechea, México.

Resumen.— Los anfibios son particularmente sensibles a las perturbaciones causadas por la urbanización. Los disturbios urbanos impactan a los anfibios en diferentes escalas ecológicas que incluyen una disminución de la biodiversidad, aumento del estrés y cambios en el comportamiento vocal. Sin embargo, se sabe poco sobre los efectos urbanos sobre los anfibios terrestres. En este estudio, cuantificamos la abundancia (por tasas de encuentro) y la riqueza de especies de anfibios, y las características de sus hábitats en el Pedregal del Xitle, un ecosistema xerofítico en la Ciudad de México. Además, evaluamos la actividad vocal de las ranas del Pedregal bajo diferentes exposiciones al ruido dentro de las tres áreas protegidas. Durante 2015 y 2016, con el apoyo de voluntarios, se realizaron varios registros nocturnos directos estratificados en tres áreas urbanas protegidas. Además, utilizando una clasificación no supervisada de imágenes de satélite, analizamos la cobertura de los diferentes tipos de vegetación y calculamos la equitatividad de los anfibios. Con un esfuerzo de 238 horas-persona, localizamos 73 individuos de anfibios, entre ellos tres salamandras pletodóntidas (*Aquiloerycea cephalica*, *Chiropterotriton orculus* y *Pseudoeurycea leprosa*), y la rana del pedregal, *Eleutherodactylus grandis*. En conjunto, las capturas de *C. orculus* y *E. grandis* representaron el 90% de los anfibios encontrados. Encontramos que el 75% de los anfibios ocupaban el microhábitat de suelo rocoso. La tasa de cantos de *E. grandis* fue consistentemente más baja en los sitios con mayor exposición al ruido. Entre las tres áreas protegidas urbanas, Ecoguardas sobresale por ser la que tiene mayor abundancia y diversidad de anfibios y mayor proporción de superficies boscosas. Nuestro estudio destaca el valor ecológico del ecosistema del Pedregal para los anfibios terrestres, ya que son las especies más amenazadas (la rana *E. grandis* y la salamandra *C. orculus*) aquellas que tienen mayor presencia en los sitios estudiados.

Palabras clave.— anfibios urbanos, aplicaciones de percepción remota, ecología urbana, especies en peligro de extinción, perturbación del ruido.

Abstract.— Amphibians are particularly sensitive to disturbances caused by urbanization. Urban disturbances impact amphibians at different ecological scales that include a decrease in biodiversity, increment of stress, and changes in vocal behavior. However, little is known about urban effects on terrestrial amphibians. In this study, we quantified abundance (by encounter rates) and species richness of amphibians, and the characteristics of their habitats in Pedregal del Xitle, a xerophytic ecosystem in Mexico City. In addition, we evaluated the vocal activity of Pedregal frogs under different noise exposures within the three protected areas. During 2015 and 2016 with the support of volunteers, several stratified direct night searches were conducted in three urban protected areas. Additionally, using a non-supervised classification of satellite images, we analyzed the coverage of the different vegetation types, and calculated the evenness of amphibians. With an effort of 238 person-hours, we located 73 individuals of amphibians, including three plethodontid salamanders (*Aquiloerycea cephalica*, *Chiropterotriton orculus* and *Pseudoeurycea leprosa*), and the Pedregal frog, *Eleutherodactylus grandis*. Altogether, the captures of *C. orculus* and *E. grandis* represented 90% of the amphibians found. We found that 75% of the amphibians occupied the rocky ground microhabitat. The call rate of *E. grandis* was consistently lower at sites with the highest noise exposure. Among the three urban protected areas, Ecoguardas stands out as the one with the greatest abundance and diversity of amphibians and the largest proportion of forested area. Our study revealed the ecological value of the Pedregal ecosystem for terrestrial amphibians, since the most threatened species (the frog *E. grandis* and the salamander *C. orculus*) are those with the greatest presence in the urban protected areas studied.

Keywords.— endangered species, noise disturbance, remote sensing applications, urban amphibians, urban ecology.

INTRODUCTION

The presence of protected and relict areas embedded in megalopolis has a positive effect on local biodiversity (Gaston et al., 2006; Goddard et al., 2010; Pimm et al., 2014). However, these areas also have the presence of threats associated with biodiversity, such as species displacement, local extinctions (McDonald et al., 2008) and changes on phenotypic traits, for example behavioral changes of feeding, migration and singing (Alberti, 2015). The establishment of big cities contributes to the fragmentation of natural areas, therefore, monitoring efforts to evaluate biodiversity in fragmented urban landscapes are a priority for the conservation of local fauna. Current monitoring efforts are mainly focused on estimating effects on species replacement along disturbance gradients (McDonnell & Hahs, 2008; Beninde et al., 2015). Unfortunately, these studies are taxonomically biased by birds and insects, probably because these groups exhibit greater diversity, and there is a more complete knowledge about their biology compared to other taxa (Beninde et al., 2015). For this reason, the population status of local taxa, such as amphibians, in urban landscapes is probably underestimated (Hamer & McDonnell, 2008; MacGregor-Fors et al., 2015).

Amphibians are a group of animals particularly sensitive to changes in environmental conditions produced by urbanization (Smallbone et al., 2011), mainly due to humidity levels and water

quality required for their survival and reproduction (Sodhi et al., 2008). Several urban conditions, such as noise, luminosity, and isolation, severely impact the diversity, distribution (Smallbone et al., 2011; MacGregor-Fors et al., 2013; Oda et al., 2017), stress levels (Tennessee et al., 2014; Troianowski et al., 2017), and larval development of amphibians (Grace et al., 2020). Today, an increasing number of studies are investigating the effects of urbanization on amphibians, they mainly focus on evaluating the consequences of anthropogenic noise on the vocalization of anurans (Warren et al., 2006; Roca et al., 2016; Simmons & Narins, 2018). To evaluate the effects of urban pollution on acoustic communication, many studies use remote sensing tools, such as automatized recording units. The remote sensing tools accomplish a double function by informing the presence of species that produce sounds, and assessing their response to urban disturbances (Dorcas, 2010; Teixeira et al., 2019). Until now, there is no single response pattern in the anuran communication signals with urban interference. Some responses include the decrease in the number of calls and the call rate, others the increase in the dominant frequency or the duration of the calls, and in many species, there is an absence of an effect (Sun & Narins, 2005; Cunnington & Fahrig, 2010; Kaiser et al., 2011; Simmons & Narins, 2018).

In the case of non-vocalizing amphibians, as salamanders and caecilians, studies of the effects of urbanization on their communities are rather scarce (Murphy et al., 2016). Indeed, the

study of amphibian populations within cities has been centered on aquatic (pond) breeding species, whose assemblages are strongly altered by water pollution, and are dependent on broad forested land areas (Rubbo & Kiesecker, 2005; Parris, 2006; Hamer & McDonnell, 2008; Smallbone et al., 2011; Scheffers & Paszkowski 2012; Barrett & Price, 2014; Oda et al., 2017). Nevertheless, the life cycle of amphibians is diverse, several species of anurans, as salamanders and caecilians, are direct-developing terrestrial breeders, lacking an aquatic phase, some include viviparity (Crump, 2015). Although terrestrial amphibians are widely distributed and considered as climatic

generalists (Wake & Hanken, 1996; Bolochio et al., 2020), the effects of urbanization on this particular amphibian functional group are not well documented. This is unfortunate considering that, in terms of evolution, the ecological transition from aquatic to terrestrial breeders has occurred multiple times and in a wide variety of environments (Gomez-Mestre et al., 2012; Liedtke et al., 2017).

An example of a terrestrial amphibian with a restricted distribution, and whose habitat has been highly degraded in Mexico City, is the endangered *Eleutherodactylus grandis*. This is

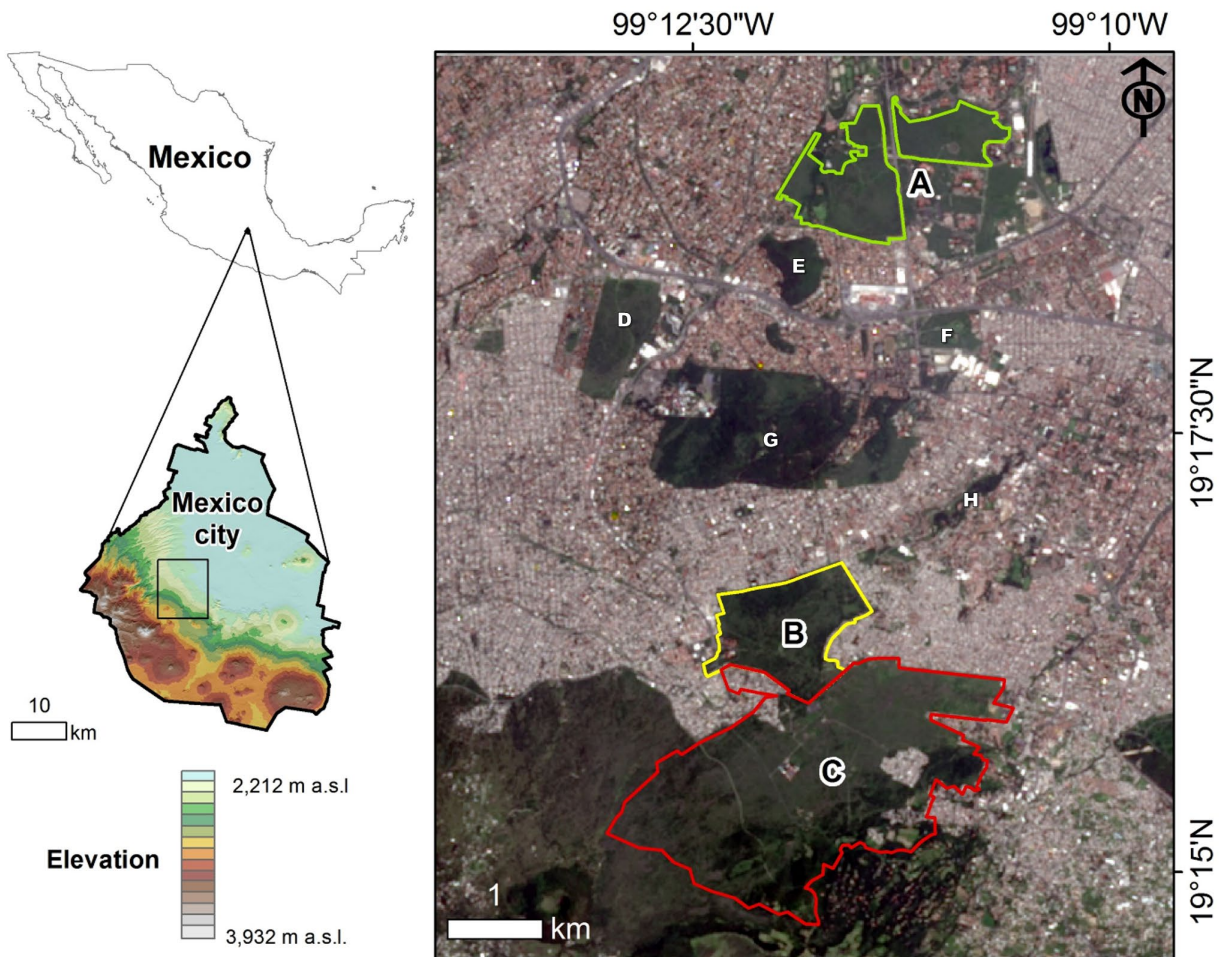


Figura 1. El ecosistema del Pedregal del Xitle está inmerso en un gradiente altitudinal y de urbanización que son paralelos de norte a sur en la Ciudad de México (izquierda). Las tres reservas urbanas estudiadas se indican en la imagen de la derecha: A. Reserva del Pedregal de San Ángel (REPSA), B. Ecoguardas y C. Parque Ecológico de la Ciudad de México (PECM). Otros fragmentos de Pedregal relevantes pero no incluidos en este estudio son: D. Predio Los Encinos, E. Cerro Zacatepetl, F. Cuicuilco, G. Bosque de Tlalpan, y H. Parque Nacional Fuentes Brotantes de Tlalpan.

Figure 1. Pedregal del Xitle ecosystem is immersed in an altitudinal and urbanization gradient which are parallel from north to south in Mexico City (left). The three urban reserves studied are indicated in the right image: A. Reserva del Pedregal de San Ángel (REPSA), B. Ecoguardas and C. Parque Ecológico de la Ciudad de México (PECM). Other fragments of Pedregal relevant but not included in this study are: D. Predio Los Encinos, E. Cerro Zacatepetl, F. Cuicuilco, G. Bosque de Tlalpan, H. Parque Nacional Fuentes Brotantes de Tlalpan.

a microendemic amphibian restricted to the Pedregal del Xitle ecosystem (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2020a), a unique xerophytic formation in a lava field supporting around 1500 native species, including animals, plants, and fungi at the south of Mexico City (Lot & Cano-Santana, 2009). In addition to *E. grandis*, other endemic amphibians have been collected in the Pedregal del Xitle ecosystem, of these, four are terrestrial and three have mixed aquatic and terrestrial habits (Díaz de la Vega-Pérez et al., 2016). Despite the importance of this ecosystem, and others surrounding Mexico City, the effects of urbanization on populations of amphibians have rarely been studied in Mexican cities (reviewed by Domínguez-Vega et al., 2019). The aim of this study was to characterize the presence of amphibians in Pedregal del Xitle, pursuing the following objectives 1) to quantify the abundance (by encounter rate) and richness of amphibians in urban protected areas with different conditions due to the level of surrounding urbanization, 2) characterize the habitat of each protected area using remote sensing tools and 3) measure the microhabitat in situ for each species, and 4) evaluate the vocal activity of the Pedregal frog under different exposures to noise within the protected areas. To do this, we integrated field data, obtained from a direct search by experts and volunteers, passive acoustic monitoring, and land-cover composition analysis from remote sensory tools.

MATERIALS AND METHODS

Study area. The Xitle volcano is located within the South of the Valley of Mexico, a Key Biodiversity Area considered as a priority site in the Alliance for Zero Extinction (AZE, 2018). Pedregal del Xitle is a fragmented xeric ecosystem surrounded by the urban area of Mexico City. Among the coordinates 19.327222° N, 99.235736° W and 19.231389° N, 99.153889° W and an altitudinal range of 2200–3100 m a.s.l. (Fig. 1), this highly fragmented ecosystem (Suárez et al., 2011) is located on a lava spill of vegetation dominated by xeric shrubs (Cordova et al., 1994; Cano-Santana et al., 2006). This study was conducted in three of the largest urban protected areas of Pedregal del Xitle: Parque Ecológico de la Ciudad de México (PECM), Ecoguardas, and Reserva del Pedregal de San Ángel (REPSA). These three urban protected areas are located within an altitude and urbanization gradient, ranging from 2300 to 3100 m a.s.l. and from 250 to 25 inhabitants per ha, respectively and in parallel (Suárez et al., 2011). In this gradient, REPSA corresponds to the lower and most urbanized area (2280–2320 m a.s.l.), and Ecoguardas (2440–2762 m a.s.l.) and PECM (2422–2540 m a.s.l.) correspond to the higher and semi-urbanized areas (Fig. 1), in the lowlands, and a mixture of xeric shrub with oak forests in the highlands (Castillo-Agüero et al., 2004; Mendoza-Hernández et al., 2013).

Amphibian sampling. Three urban protected areas were visited during June and August of 2015, and in March of 2016. Transects of 100 m long and 5 to 8 m wide (depending on how rugged the terrain was), separated by at least 250 m, were outlined within each protected area. Transects were oriented towards the four cardinal points (N, S, E, W) from the center of each protected area. Thus, each cardinal point had one or two transects with a similar orientation but located on a different surface to avoid resampling. Each transect was visited once by at least four persons, for three to five hours at night-time (20:00 and 03:00 h). To sample terrestrial amphibians, each transects was exhaustively searched visually, inspecting with the help of volunteers the available microhabitats in the Pedregal ecosystem: between soil cavities, under rocks, over standing and dead vegetation, and litter (Vonesh et al., 2010).

The specimens found were captured by hand using new disposable nitrile gloves, to minimize pathogen exposure (Phillott et al., 2010). After species identification, the individuals were released at the exact site of their capture. We measured the temperature and relative humidity of the exact collection point with a mini environmental quality meter (Sper Scientific 850070). The microhabitat where each amphibian was found was categorized as rocky ground, leaf litter, or plants. To describe the vegetation of the microhabitat around the collection point each amphibian was found, two observers counted the number of plant species and individuals of the same plant species using a 50 cm ruler to delimit a 1 m² circle. In addition, the area covered by moss and leaf litter was visually determined within this circle.

Passive acoustic monitoring and noise exposure. Calling activity of the microendemic frog, *E. grandis*, was recorded using automatic sound recording systems SM3 (Wildlife Acoustics) from June 20 to August 30, 2015. Four recording systems were installed on trees at an average height of 1 m above the ground and located in areas within the urbanization and elevation gradient having two conditions of exposure to urban noise: 1) high noise exposure, at 150 m from the edge of the urban protected area with high traffic roads, and 2) low noise exposure, at a distance of >500 m from the nearest road. Because Ecoguardas and PECM are adjacent urban protected areas and the first is no longer than 1 km in length, the high noise exposure recording system was placed in Ecoguardas, and the low exposure recording system was placed in PECM. Thus, recording systems were in four conditions: urbanized lowlands with high and low noise exposure (Eastern and Western REPSA, respectively), and semi-urbanized highlands with high and low noise exposure (Ecoguardas and PECM, respectively; further down in Fig. 4 the location of recorder systems is sketched).



Sounds were recorded in stereo files for five minutes every half hour, at a sample rate of 24 kHz, without filters, and in WAV format. Recordings were analyzed in the software Audacity 2.1.0 (Audacity Team, 2015). The amphibian call detection was made under bias visual inspection by a single person, from temporal and spectral characteristics of *E. grandis*, reported by Serrano (2016). Calling activity was recorded as call rate, i.e., the number of total calls/min recorded by visual and auditory counts following Dorcas et al. (2010). To investigate the physical environment influence on calling activity, daily mean environmental conditions of temperature, relative humidity, and precipitation were obtained from three automatic meteorological stations of the National Meteorological System (Sistema Meteorológico Nacional; <https://smn.conagua.gob.mx/es/observando-el-tiempo/estaciones-meteorologicas-automaticas-ema-s>) near or within each protected area. Environmental data analyzed were obtained during equivalent acoustic monitoring dates.

Land-cover composition. We estimated land use and vegetation coverage of PECM, Ecoguardas, and REPSA from a satellite image Landsat 8 Oli (geographic extent: 19° 19' 38.69" N, 99° 14' 8.65" W and 19° 13' 53.48" N, 99° 9' 14.28" W), available by US Geological Survey throughout Global Visualization Viewer (<http://glovis.usgs.gov>). The image was taken on July 13, 2015, a date that coincided with the sampling period and presented the lowest percentage of clouds for a better processing. The image had a pixel resolution of 30x30 cm with a 12% cloud coverage. Landsat image was processed employing the "Layer Stack" tool of the software Arcmap 10 (ESRI, 2011), and was converted in a multi-spectral image with a pixel resolution of 15 x1 5 m. We performed a non-supervised classification of 15 coverage classes. Subsequently, considering the similarity in structure and reflectance of the original Landsat image, and with the help of Google Earth, validation and unification of coverage classification were finally obtained in the following six classes: shrub, forest, mixed shrub forest, urban constructions, urban trees, and lawn. Finally, employing ArcMap 10 (ESRI, 2011), we calculated the coverage areas for each class and urban protected area.

Data analysis. The total number of organisms and amphibian species found, and the searching effort was recorded per transect and per visit to each protected area. Amphibian observation data was used to calculate the Simpson's diversity index for each protected area. Simpson's index was used due to its sensibility to detect variations in diversity by one or a few components within communities (Nagendra, 2002). We calculated the encounter rate (ER) as the total of amphibians recorded during person-hours of searching added for each area. The ER permits to

compare the amphibian abundance between sites even without identical searching efforts (Rovito et al., 2009; Sandoval-Comte et al., 2012; Aguilar-López et al., 2017).

Micro-environmental conditions among different amphibian species and frogs call rate among different sites were compared using ANOVA and pairwise comparisons using Wilcoxon rank sum test. Relationships of call rate with environmental conditions were analyzed using Pearson correlations. When required, normality criteria were verified for all the variables using the graphical method of quantile-quantile plot (Crawley, 2013). All analyzes were realized using the software R v.3.2.3 (R Core Team, 2016), and the packages car (Fox et al., 2013) and pgirmess (Giraudoux et al., 2018).

RESULTS

Amphibian surveys. A total of 73 individuals belonging to four amphibian species (*Chiropterotriton orculus*, *Pseudoeurycea leprosa*, *Aquiloerycea cephalica*, and *Eleutherodactylus grandis*) were observed in the three urban protected areas (Table 1; Fig. 2). The salamander *C. orculus* was the most common species, found only in Ecoguardas and PECM and representing 52% of the total captures, followed by the frog *E. grandis* found in all protected areas, with 38% of the captures. The least common salamanders (*A. cephalica* and *P. leprosa*) were found only in Ecoguardas and REPSA (Table 1). The amphibian counts were highly variable between visits, and the number of amphibians found in the

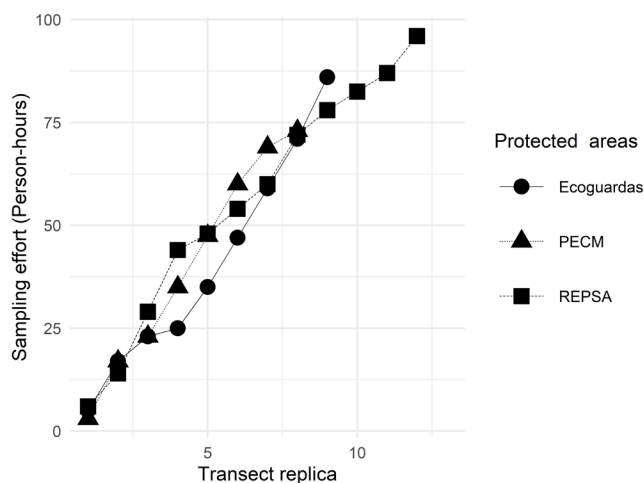


Figure 2. Esfuerzo de muestreo acumulado para los transectos dentro de cada área urbana protegida. Cada punto representa una réplica de un transecto dentro del área urbana protegida.

Figure 2. Cumulative sampling effort for the transects within each urban protected area. Each point represents a transect replica within the urban protected area.

Tabla 1. Especies de anfibios observadas y esfuerzo de muestreo en las tres áreas protegidas urbanas del Pedregal del Xitle. Abreviaturas: PECM = Parque Ecológico de la Ciudad de México; REPSA = Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel; ER = Tasa de encuentro (anfibios / persona-horas); *A. cephalica* = *Aquiloerycea cephalica*; *C. orculus* = *Chiropterotriton orculus*; *E. grandis* = *Eleutherodactylus grandis*; *P. leprosa* = *Pseudoeurycea leprosa*.

Table 1. Amphibian species observed and sampling effort in the three urban protected areas of Pedregal del Xitle. Abbreviations: PECM= Parque Ecológico de la Ciudad de México; REPSA= Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel; ER= Encounter Rate (amphibians/person-hours); *A. cephalica*= *Aquiloerycea cephalica*; *C. orculus*= *Chiropterotriton orculus*; *E. grandis*= *Eleutherodactylus grandis*; *P. leprosa*= *Pseudoeurycea leprosa*.

Total of individuals observed (ER per species)									
Urban protected area	Transects	Visits	<i>A. cephalica</i>	<i>C. orculus</i>	<i>P. leprosa</i>	<i>E. grandis</i>	Total individuals	Sampling effort (person-hours)	ER per site (amphibian/person-hours)
REPSA	4	8	1	0	2	15	18	81	0.22
Ecoguardas	4	7	3	24	1	9	37	84	0.44
PECM	4	7	0	14	0	4	18	73	0.24
Total	12	22	4 (0.02)	38 (0.16)	3 (0.01)	28 (0.12)	73	238	0.31

three protected areas had a relationship with the person-hours effort ($F= 8.377, p= 0.008$; Fig. 3). Regarding amphibian diversity, Ecoguardas is the protected urban area with the highest value of the Simpson index. In contrast, REPSA and PECM had a similar number of amphibians counts and Simpson index values (see Table 4).

The total effort searching in the three protected areas was 238 person-hours. So, our results suggest an effort of 3.2 person-hours required to find one amphibian in Pedregal del Xitle. In particular, the ER in the three reserves studied was 0.31 amphibians/person-hours. Ecoguardas had the highest number of amphibians found with 37 individuals and an ER= 0.44, followed by PECM and REPSA with 18 individuals for each site and 0.24 and 0.22 amphibians/person-hours, respectively. Per species, the vulnerable salamander *C. orculus* had the highest with ER= 0.16, followed by the endangered frog *E. grandis* with= 0.12. In contrast, the salamanders *A. cephalica* and *P. leprosa* showed a lower ER with 0.01 and 0.02, respectively (Table 1). Thus, the effort needed to find the most common salamander, *C. orculus* (N= 38 individuals), was around 6.3 person-hours; but to find the least common, *P. leprosa* (N= 3 individuals), it was required 100 person-hours.

During fieldwork, 75% of the amphibians were found over rocky ground, 18% over leaf litter, and only 7% over plants. *Eleutherodactylus grandis* and *P. leprosa* were exclusively found on rocky ground, and *A. cephalica* was exclusively found on leaf litter. *Chiropterotriton orculus* showed the highest diversity of microhabitats, it was found on rocks, leaf litter, oak trees, and Agave plants. A single microhabitat feature associated to amphibian captures differed between protected areas, the

moss and leaf litter percentage was lower in REPSA ($F= 11.280, p< 0.001$) compared to Ecoguardas ($p= 0.020$) and PECM ($p= 0.009$), respectively (see Table 2).

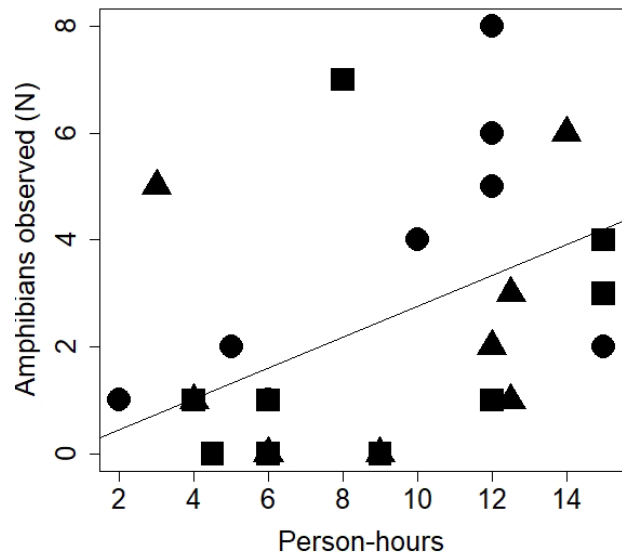


Figura 3. Recuento de anfibios y relación horas-persona. Cada punto representa una réplica de un transecto entre el área urbana protegida representada por símbolos (Ecoguardas = círculos; PECM = triángulos; REPSA = cuadrados). La línea de tendencia única sugiere que las tres áreas protegidas urbanas tuvieron un esfuerzo de muestreo similar.

Figure 3. Amphibian counts and person-hours relationship. Each point represents a transect replica between the urban protected area represented by symbols (Ecoguardas= circles; PECM= triangles; REPSA= squares). The single trend line suggest that the three urban protected areas had similar sampling effort.



Tabla 2. Características medias de los microhábitats utilizados por los anfibios terrestres dentro de las áreas urbanas protegidas del Pedregal del Xitle. Abreviaturas: PECM = Parque Ecológico de la Ciudad de México; REPSA = Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel; R = suelo rocoso, L = hojarasca, P = plantas; a y b indican diferencias post hoc entre áreas urbanas protegidas.

Table 2. Microhabitat mean features used by terrestrial amphibians within urban protected areas in Pedregal del Xitle. Abbreviations: PECM= Parque Ecológico de la Ciudad de México; REPSA= Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel; R= rocky ground, L= leaf litter, P= plants; a and b indicate post hoc differences between reserves.

Urban protected area	% Moss & lichen	# Plant individuals	# Plant species	Microhabitats used	Temperature (°C)	% Relative humidity
REPSA	6.4a	11.3	6.1	R	19.1	76.0
Ecoguardas	73.1b	13.9	4.4	R, L, P	19.7	67.1
PECM	55.0b	20.6	7.8	R, L, P	16.2	72.1
Total	45.7	14.9	5.5	R, L, P	17.9	72.4

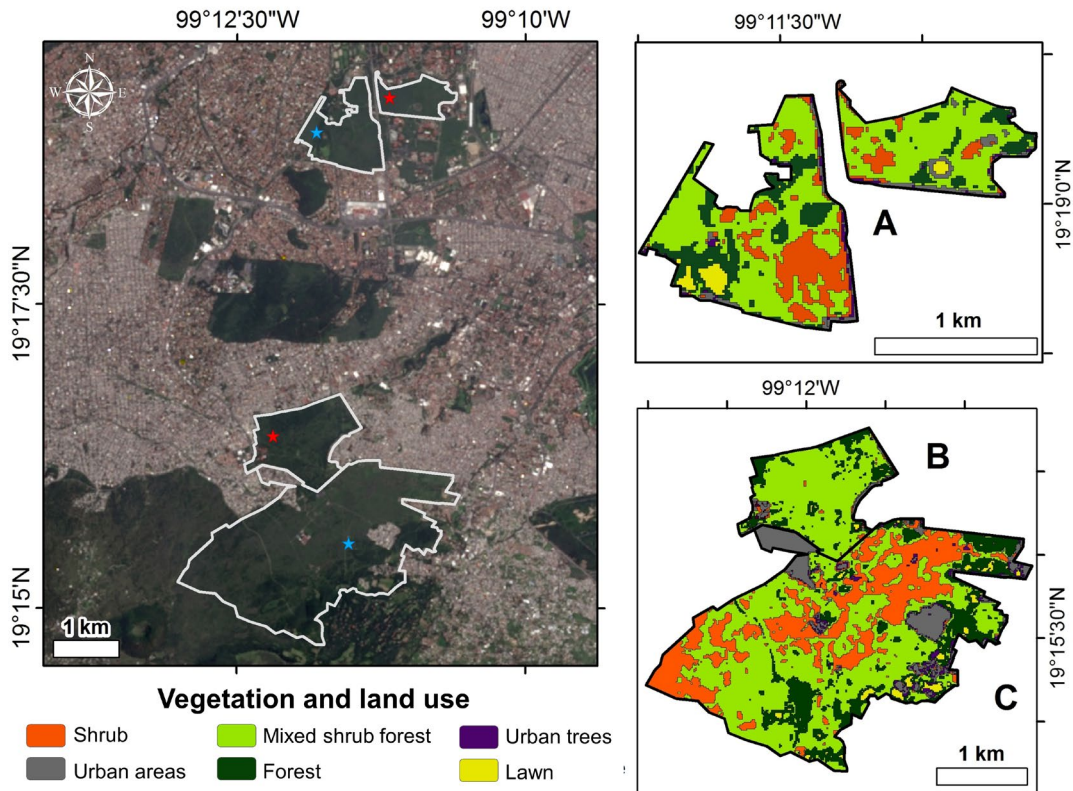


Figura 4. Uso del suelo y cobertura vegetal obtenida a partir de imágenes de percepción remota. La exposición al ruido detectada por el sistema de grabación acústica está indicada para una alta exposición en rojo y una baja exposición en puntos azules en el mapa sin procesar, respectivamente, dentro de las condiciones de urbanización: urbana en REPSA occidental y oriental (A) y semiurbana en Ecoguardas (B) y PECM (C). Abreviaturas: PECM = Parque Ecológico de la Ciudad de México; REPSA = Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel.

Figure 4. Land use and vegetation coverage obtained from remote perception images. Noise exposition sensed by acoustic recording system are indicated for high exposition in red and low exposition in blue points on the raw map, respectively, within the urbanization conditions: urban in Western and Eastern REPSA (A) and semi-urban in Ecoguardas (B) and PECM (C). Abbreviations: PECM= Parque Ecológico de la Ciudad de México; REPSA= Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel.



Tabla 3. Se muestran la exposición al ruido dentro de las áreas urbanas protegidas, los rangos de llamadas por minuto y las características ambientales. Los coeficientes de correlación de Pearson y las significaciones se indican de la siguiente manera: * p <0.05; ** p <0.01; *** p <0.001. Abreviaturas: PECM = Parque Ecológico de la Ciudad de México; REPSA = Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel; NR = No registrado.

Table 3. Noise exposure within urban protected areas, ranges of calls per minute and environmental features are shown. Coefficients of Pearson correlation and significances are indicated as follows: *p < 0.05; ** p < 0.01; *** p < 0.001. Abbreviations: PECM= Parque Ecológico de la Ciudad de México; REPSA= Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel; NR= Non-registered.

Urbanization / Noise exposure	Urban protected area	Calls / min	Temperature (°C)	r	Relative humidity (%)	r	Precipitation (mm ³)
Urban / High	Eastern REPSA	0 - 38.8	14.5 - 21.9	-0.68***	51 - 88	0.63***	0 - 32.8
Urban / Low	Western REPSA	0 - 56.8	14.5 - 21.9	-0.72***	51 - 88	0.65***	0 - 32.8
Semi-Urban / High	Ecoguardas	0 - 32.4	9.7 - 14.3	-0.40	68 - 96	0.70*	NR
Semi-Urban / Low	PECM	0 - 57.4	15.7 - 19.6	-0.94**	52 - 83	0.93**	NR

Calling activity and noise exposure. The four sound recording systems recorded a total of 460 hours. Calling activity differed among urban and semi-urban protected areas, having contrasting noise exposure ($F=37.040, p<0.001$). Lower call rates

were observed in the sites with high noise exposure (Eastern REPSA and Ecoguardas), and higher call rates were observed in sites with low noise exposure (Western REPSA and PECM) (Table 3; Fig. 4). However, call rate differed between the two sites with

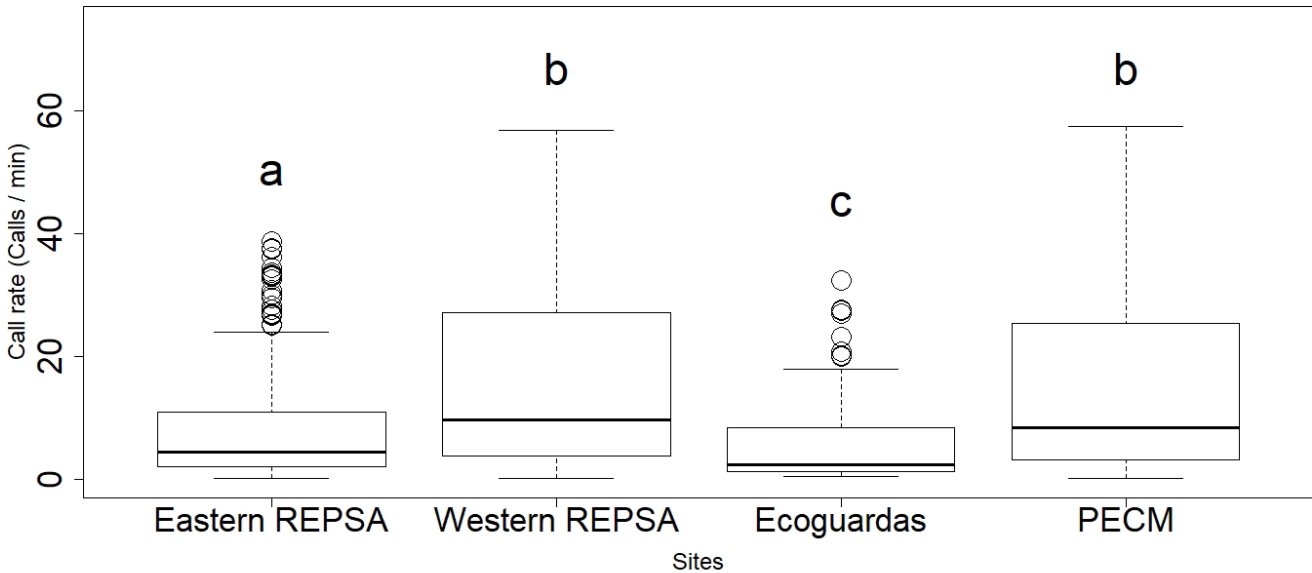


Figura 5. Tasa de llamados registrada entre sitios expuestos a condiciones contrastantes de urbanización (urbano y semiurbano) y exposición al ruido (alto y bajo) de la siguiente manera: REPSA oriental = urbano / alto; REPSA occidental = urbano / bajo; Ecoguardas = semiurbano / alto; PECM = semiurbano / bajo. Las letras a y b indican diferencias post hoc entre sitios de áreas protegidas urbanas.

Figure 5. Call rate registered among sites exposed to contrasting conditions of urbanization (urban and semi-urban) and noise exposition (high and low) as follows: Eastern REPSA= urban/ high; Western REPSA= urban/low; Ecoguardas= semi-urban/high; PECM= semi-urban/low. Letters a and b indicate post hoc differences among sites of urban protected areas.



high noise exposure but did not differ between the two sites with low noise exposure, after post hoc analysis (Fig. 5). The calling activity of *E. grandis* was mainly nocturnal, starting at 18 hours and ending at 6 hours (Fig. 6). The call rate was positively related to the relative humidity, and negatively related to temperature in all sites, except in Ecoguardas, where the temperature was not related to the call rate (Table 3). Precipitation was only available for analysis in REPSA, so we did not analyze the relationship of call rates with this variable (Table 3).

largest area, with more than 6 km², while REPSA and Ecoguardas have an area of approximately 1.6 and 1.4 km², respectively. As a result of the vegetation classification, we found six categories of vegetation and land use, all of which were present in the three sites (Table 4). In general, the study areas of the three sites are constituted by mixed shrub forest (53%), followed by shrub (21%), and forests (15%), and approximately 11% coverage associated with urbanization (such as 8% buildings, 2% urban trees or 1% lawns) within these three protected areas.

Characterizing the land-coverage of the study area. The three urban protected areas together sum up 9.4 km²; PECM represents the

Two protected areas of Pedregal del Xitle, REPSA and PECM, showed a similar composition in terms of the percentage of

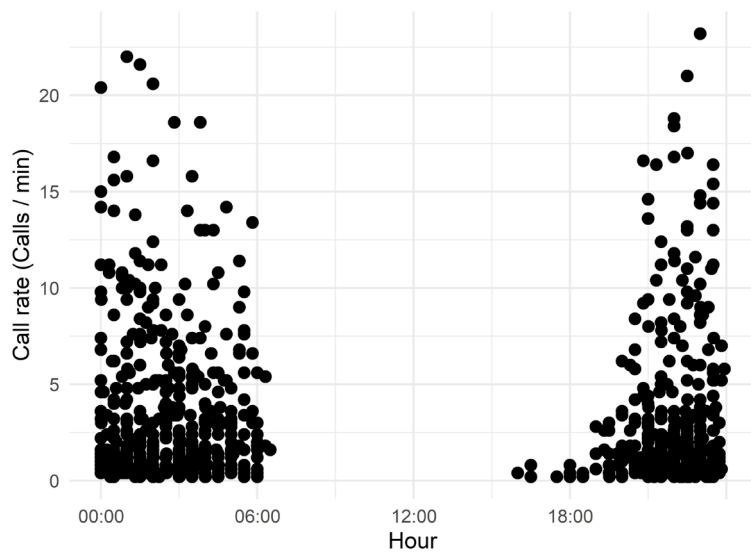


Figura 6. Tasa de llamados de *Eleutherodactylus grandis* a lo largo del día, registrada en las tres áreas protegidas urbanas del Pedregal del Xitle.

Figure 6. Call rate of *Eleutherodactylus grandis* throughout the day, registered in the three urban protected areas of Pedregal del Xitle.

Tabla 4. Uso del suelo y cobertura de vegetación (indicado como porcentaje) e índice de diversidad de anfibios de Simpson en las tres áreas urbanas protegidas. Abreviaturas: PECM = Parque Ecológico de la Ciudad de México; REPSA = Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel.

Table 4. Land use and vegetation coverage (indicated as percentage) and Simpson's diversity index of amphibians in the three urban protected areas. Abbreviations: PECM= Parque Ecológico de la Ciudad de México; REPSA= Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel.

Urban protected areas	Natural vegetation (%)			Urban land use and vegetation (%)			Simpson's Index	Area (km ²)
	Mixed shrub forest	Forest	Shrub	Lawn	Urban trees	Building		
REPSA	55.96	15.58	17.27	2.2	2.56	6.44	0.29	1.57
Ecoguardas	74.54	16.74	1.58	0.42	1.16	5.57	0.51	1.44
PECM	47.14	14.37	26.54	1.57	2	8.38	0.35	6.37
Total	52.82	14.94	21.16	1.50	1.96	7.62		9.38



coverage of each land cover class. However, Ecoguardas showed differences compared to the other two sites, since more than 90% of its area was occupied by forest vegetation (75% mixed shrub forest and 17% forest), and a low percentage by shrub (2%). Moreover, REPSA and PECM, also had a high percentage of forest vegetation (72% and 61%), but presented 17% and 27% of shrub, respectively (Table 4; Fig. 4). Additionally, Ecoguardas showed the lowest urban components with 7.2%, versus 11.2% in PECM and 12% recorded in REPSA.

DISCUSSION

Our study integrates data from field surveys, sound recording systems, and satellite imagery (by a geographic information system), to assess the richness, encountered rates, and changes in vocal behavior of amphibians in the fragmented landscape of three urban protected areas in Mexico City. Integrating these passive and active methods, we found differences in abundance and diversity between protected areas in the Pedregal ecosystem from south of Mexico City. We hypothesize that urbanization and the management regime of protected areas influence the components of land cover and microhabitat within them, and that all these factors are behind the abundance and richness of amphibians. Additionally, we found differences in the vocal activity of Pedregal frogs among protected areas, these differences are associated with the proximity of exposure to urban noise bordering each protected area presented. These findings are useful for future amphibian monitoring in Pedregal del Xitle, a xeric ecosystem highly impacted by urbanization.

Interestingly, *C. orculus* was mostly found in the two highland urban areas (Ecoguardas and PECM), whereas *E. grandis* was mainly found in the basin area covered by REPSA. These findings are indicative of the importance of all these urban protected areas, because *C. orculus* and *E. grandis* have a distribution restricted to the metropolitan area of Mexico City, and both amphibians are cataloged as threatened in the IUCN Red List, specifically as vulnerable and endangered categories, respectively (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2020a; 2020b).

The amphibian counts in Pedregal del Xitle did not reflect the size of the protected areas where they were found, and ER values varied between protected areas and species. Thus, Ecoguardas had twice the amphibian ER as PECM and REPSA, although PECM has an area that approximately doubles that of Ecoguardas and REPSA combined. The values of ER contrasts between species with the effort of 3.1 person-hours required to find two plethodontid salamanders (founding 214 individuals *Parvimolge townsendi* and *Thorius pennatulius* in 672 person-hours)

in fragments of cloud forest located in the central mountains of eastern Mexico (Sandoval-Comte et al., 2012). Instead, in the same area of cloud forest, the effort to find a single microendemic salamander *Aquiloerycea cafetalera* is 10.8 person-hours (with 109 individuals found in 1,174 person-hours) (Aguilar-López et al., 2017). Reporting such standardized measurements of ER and sampling efforts contributes to compare trends of threatened amphibian populations (Rovito et al., 2009). Unfortunately, there are no previous efforts with a comparable search effort to estimate the current situation of the amphibians in the Pedregal area of Mexico City. So, our data represents the first information to evaluate populations of these terrestrial amphibians in this urbanized habitat.

Variations in amphibian composition between Pedregal del Xitle protected areas were also related to microhabitat features that are unique to each protected area. In Ecoguardas and PECM, leaf litter is vastly available, mainly due to the presence of *Quercus* trees (Mendoza-Hernández et al., 2013). Whereas REPSA, outstands by the arrangement of rocks bare of vegetation, a feature that probably helps *E. grandis* to broadcast its vocalization (Serrano, 2016). Altogether, rocky soils and vegetation are important elements in the microhabitat of amphibians in the Pedregal del Xitle ecosystem. However, the amount of leaf litter is relevant for amphibians, due to the provision of refuge, food, and humidity (e.g., Van Sluys, 2007), particularly for plethodontid salamanders. The attributes of Ecoguardas having greater coverage of mixed scrub forest, and a medium level of evenness of amphibians, is probably due to its greater restriction on the transit of people, compared to that registered in the other two urban protected areas studied, where relatively frequent induced fires occur (Bonfil, 2009; Martínez-Orea et al., 2019).

Prior to this study, the information about amphibians from Pedregal del Xitle were scarce. We found four (*C. orculus*, *P. leprosa*, *A. cephalica*, and *E. grandis*) of the nine amphibian species reported historically. Amphibians not found comprise anurans that require permanent bodies of water, such as *Dryophytes arenicolor* (Sánchez-Herrera, 1980), *Spea multiplicata* and *D. eximius* (Ramírez-Bautista et al., 2009). These historical reports are possible records of animals in transit to rain streams or to artificial bodies of water between neighboring areas, since the stony lava soil in Pedregal del Xitle area is highly permeable and does not allow a prolonged retention of water (Sánchez-Herrera, 1980). Introduced species of amphibians into artificial bodies of water at REPSA, such as *Lithobates montezumae* (Díaz de la Vega-Pérez et al., 2016) and *Ambystoma mexicanum* (from which an *ex-situ* conservation site was established in the area known as



Cantera Oriente; Aguilar-Moreno & Aguilar-Aguilar, 2019), does not appear to influence the amphibian community.

It is important to consider that shrubby vegetation, such as that present in Pedregal del Xitle ecosystem (Castillo-Agüero et al., 2004; Mendoza-Hernández et al., 2013), can influence the detectability of terrestrial anurans in microhabitats where they are more abundant, for example, when the soil of forests has dense understory vegetation (Valenzuela-Sánchez et al., 2019). In the same case, the differences in abundance between sites and species could be caused by the temporal scope of our study since it was limited from June to August. It is possible that the reduced number of *A. cephalica* and *P. leprosa* could be due to the study period, considering that the reproductive peak of these plethodontid salamanders occurs at the beginning of autumn (Uribe-Peña et al., 1999).

The analysis of vocal activity of *E. grandis*, showed that it was notably influenced by the decrease in temperatures and the increase in humidity, probably linked to precipitation. The effects of urban noise exposure on the vocal activity of *E. grandis* can be observed on the repetition rate. Within the protected areas, the call rate of *E. grandis* was two to three times greater in the bordering sites to traffic noise sites, in contrast to the lowest call rate, observed in non-bordering sites. Call rate is the acoustic parameter that is most affected by urban noise in most studies of anurans. The most common effect of anthropogenic noise is to decrease the call rate, followed by no changes, and in a few cases, an increase of call rate (reviewed by Simmons & Narins, 2018). Different abiotic noises can increase the call rate when added to specific chorus sounds, such as wind and rain stimuli (Penna & Zuñiga, 2014). It is possible that the vocal activity of *E. grandis*, is being affected by different stimuli depending on the location of the monitored site, being stimulated to increase its call rate by specific abiotic noises in some sites and decrease it in others.

Similarly, a recent study showed how bird communities avoided areas with higher levels of urban noise within the urban area of REPSA (Manzanares-Mena & Macías-García 2018). Several other studies have demonstrated how urban noise substantially modifies singing exhibitions, sound properties, and physiological functions of birds and anurans (Brumm, 2010; Macías-García et al., 2017; Halfwerk et al., 2019). However, the evolutionary mechanisms behind changes related to the vocal behavior of organisms in urban environments remain relatively unexplored. Whether the features that allow species to settle in cities corresponds to a process of adaptation or phenotypic plasticity (Alberti et al., 2017; Ouyang et al., 2018), or whether this plasticity arose before or after the link with urban environments

(Macías-García et al., 2017), it is unknown. Discovering which mechanisms are behind vocal behavior in relationship to the urban environment where *E. grandis* lives, should be a priority issue for the conservation of this microendemic species.

Our sampling effort was achieved thanks to the participation of volunteers. Throughout the project, we had a total of 24 volunteers involved in fieldworks, some of them participated more than once. The support of volunteers in biodiversity assessments is increasing around the world, mainly in projects focused on conservation (Pocock et al., 2018). The participation of volunteers represents a potential huge workforce, particularly when low financial resources are available (Foster-Smith & Evans 2003), but at the same time, their involvement provokes a positive impact on them, by involving a potentially interested public in conservation efforts (Albergoni et al., 2016; Hobbs & White 2016). Although field experience and knowledge of the amphibians may influence their encounter in the Pedregal area (especially by their hiding habits), we tried to balance search teams by keeping at least one or two experienced personals within sampling groups.

CONCLUSION

We found that the most abundant amphibians in Pedregal are the frog *E. grandis* and the salamander *C. orculus*, the first in REPSA and the last in Ecoguardas and PECM. In addition, we found that the protected area with the greatest diversity and abundance of amphibians is Ecoguardas, this is the only one among the three protected areas that has restrictions for public access and has a higher proportion of moss and lichens and forested vegetation. The approach of our study takes advantage of the integrated use of remote sensing systems, the collection of data in the field, and the participation of volunteers in fauna monitoring. All these tools allowed us to achieve the objective of evaluating the status of taxa that are difficult to observe, scarcely studied and inhabiting urban landscapes difficult to explore. An effort was made to involve part of the community in the monitoring and conservation importance of amphibians, through the participation of volunteers in fieldwork.

In addition, our study contributes to highlighting the relevance of the endemic amphibians that inhabit this xeric ecosystem, inhabiting over a water-collecting surface in the city (Cordova et al., 1994). Our study is the first evaluation assessing the conditions affecting terrestrial amphibians in a xeric urban ecosystem and provides relevant information for future management of the urban protected areas from Pedregal del Xitle. To monitor population trends of the Pedregal amphibian



community, periodic visual and acoustic monitoring of frogs and salamanders should be implemented in these urban protected areas, and amphibians should be included in the management plans for these protected areas and its surrounding unprotected land.

Acknowledgements .— We thank Diego Gutiérrez and all the volunteers involved for their invaluable assistance in fieldwork. Juan Francisco Torres helped with geographic methods. We are very grateful to Centro de Educación Ambiental Ecoguardas (Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México), Centro de Educación Ambiental del Ajusco Medio (PRONATURA México A.C.), and Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (UNAM) for the facilities and authorization to carry out this study. The Conservation Leadership Programme supported this work through the Future conservation award (Project 02244015). Permit number SGPA/DGVS/06516/15 was provided by Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales to conduct studies on wild animals under ethical and humane conditions. Commentaries from two anonymous reviewers contributed to the substantial improvement of this manuscript.

CITED LITERATURE

- Aguilar-López, J.L., A. Sandoval-Comte & E. Pineda. 2017. Distribution, encounter rate and conservation status of *Aquiloerycea cafetalera* (Caudata: Plethodontidae), a recently described Mexican salamander. *Phyllomedusa* 16: 211-224.
- Aguilar-Moreno, R. & R. Aguilar-Aguilar. 2020. El mítico monstruo del lago: la conservación del ajolote de Xochimilco. *Revista Digital Universitaria* <http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2019.v20n1.a1> [Consulted in december 2020].
- Albergoni, A., I. Bride, C.T. Scialfa, M. Jocque & S. Green. 2016. How useful are volunteers for visual biodiversity surveys? An evaluation of skill level and group size during a conservation expedition. *Biodiversity Conservation* 25:133-149.
- Alberti, M. 2015. Eco-evolutionary dynamics in an urbanizing planet. *Trends in Ecology and Evolution* 30:114-126.
- Alberti, M., J. Marzluff & V.M. Hunt. 2017. Urban driven phenotypic changes: empirical observations and theoretical implications for eco-evolutionary feedback. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 372:20160029.
- Audacity Team. 2015. Audacity, Free Audio Editor and Recorder. Version 2.1.0 <http://www.audacity.sourceforge.net> [Consulted in march 2015].
- AZE. 2018. Global AZE Map. Alliance for Zero Extinction. <https://zeroextinction.org/site-identification/2018-global-aze-map/> [Consultado en abril 2020].
- Barrett, K. & S.J. Price. 2014. Urbanization and stream salamanders: a review, conservation options, and research needs. *Freshwater Science* 33:927-940.
- Beninde, J., M. Veith & A. Hochkirch. 2015. Biodiversity in cities needs space: a meta-analysis of factors determining intra-urban biodiversity variation. *Ecology Letters* 18:581-592.
- Bolochio, B.E., J.N. Lescano, J.M Cordier, R. Loyola & J. Nori. 2020. A functional perspective for global amphibian conservation. *Biological Conservation* 245:108572.
- Bonfil, C. 2009. Dificultades para la conservación de la biodiversidad en las zonas urbanas: el caso del Parque Ecológico de la Ciudad de México. Pp. 747-749. En: R. Dirzo, R. González & I.J. March (Eds.). *Capital Natural de México Vol II*. CONABIO, México.
- Brumm, H. 2010. Anthropogenic noise: implications for conservation. *Encyclopedia of Animal Behavior* 1:89-93.
- Cano-Santana, Z., I. Pisanty, S. Segura, P.E. Mendoza-Hernández, R. León-Rico, J. Soberón, E. Tovar, E. Martínez-Romero, L.C. Ruiz & A. Martínez-Ballesté. 2006. Ecología, conservación, restauración y manejo de las áreas naturales y protegidas del Pedregal del Xitle. Pp. 203-226. En K. Oyama & A. Castillo (Eds.). *Manejo, Conservación y Restauración de Recursos Naturales en México*. Siglo XXI, México.
- Castillo-Argüero, S., G. Montes, M.A. Romero, Y. Martínez-Orea, P. Guadarrama-Chávez, I. Sánchez & O. Núñez. 2004. Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (DF, México). *Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana* 74:51-75.
- Cordova, C., A.L.M del Pozzo & J.L. Camacho. 1994. Palaeolandforms and volcanic impact on the environment of prehistoric Cuicuilco, Southern Mexico City. *Journal of Archaeological Science* 21:585-596.
- Crawley, M.J. 2013. *The R Book*. Wiley, Chichester.
- Crump, M.L. 2015. Anuran reproductive modes: evolving perspectives. *Journal of Herpetology* 49:1-16.



- Cunnington, G.M. & L. Fahrig. 2010. Plasticity in the vocalizations of anurans in response to traffic noise. *Acta Oecologica* 36:463-470.
- Díaz de la Vega-Pérez, A., V.H. Jiménez-Arcos & F. Méndez-de la Cruz. 2016. Herpetofauna en el derrame del Xitle. Pp. 398-403. En CONABIO, SEDEMA (Eds.). *La Biodiversidad en la Ciudad de México Vol II*. CONABIO/SEDEMA, Ciudad de México.
- Domínguez-Vega, H., Y. Gómez-Ortiz & L. Fernández-Badillo. 2019. Técnicas para monitorear anfibios y reptiles en ambientes urbanos. Pp. 77-102. En I. Zuria, A.M. Olvera-Ramírez & P. Ramírez-Bastida (Eds.). *Manual de Técnicas para el Estudio de Fauna Nativa en Ambientes Urbanos*. Refama/UAQ, Querétaro.
- Dorcas, M.E., S.J. Price, S.C. Walls & W.J. Barichivich. 2010. Auditory monitoring of anuran populations. Pp. 281-298. En C.K. Dodd Jr (Ed.). *Amphibian Ecology and Conservation: a Handbook of Techniques*. Oxford University Press, Oxford.
- ESRI. 2011. ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.
- Foster-Smith, J. & S.M. Evans. 2003. The value of marine ecological data collected by volunteers. *Biological Conservation* 113:199-213.
- Fox, J., M. Friendly & S. Weisberg. 2013. Hypothesis tests for multivariate linear models using the car package. *The R Journal* 5:39-52.
- Gaston, K.J., K. Charman, S.F. Jackson, P.R. Armsworth, A. Bonn, R.D. Briers, C.S.Q. Callaghan, R. Catchpole, J. Hopkins, W.E. Kunin, J. Latham, P. Opdam, R. Stoneman, D.A. Stroud & R. Tratt. 2006. The ecological effectiveness of protected areas: the United Kingdom. *Biological Conservation* 132:76-87.
- Giraudoux, P., J.P. Antonietti, C. Beale, D. Pleydell, M. Treglia & M.P. Giraudoux. 2018. Package 'pgir-mess'. <http://cran.mtu.edu/web/packages/pgirmess/pgirmess.pdf> [Consulted in January 2019].
- Goddard, M.A., A.J. Dougill & T.G. Benton. 2010. Scaling up from gardens: biodiversity conservation in urban environments. *Trends in Ecology and Evolution* 25:90-98.
- Gomez-Mestre, I., R.A. Pyron & J.J. Wiens. 2012. Phylogenetic analyses reveal unexpected patterns in the evolution of reproductive modes in frogs. *Evolution* 66:3687-3700.
- Grace, M.K., V.R. Leavings, E. Gastaneda & R.F. Noss. 2020. The effects of traffic noise on tadpole behavior and development. *Urban Ecosystems* 23:245-253.
- Halfwerk, W., M. Blaas, L. Kramer, N. Hijner, P.A. Trillo, X.E. Bernal, R.A. Page, S. Goutte, M.J. Ryan & J. Ellers. 2019. Adaptive changes in sexual signalling in response to urbanization. *Nature Ecology & Evolution* 3:374-380.
- Hamer, A.J. & M.J. McDonnell. 2008. Amphibian ecology and conservation in the urbanising world: a review. *Biological Conservation* 141:2432-2449.
- Hobbs, S.J. & P.C. White. 2016. Achieving positive social outcomes through participatory urban wildlife conservation projects. *Wildlife Research* 42:607-617.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2020a. *Eleutherodactylus grandis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T56629A46775155. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-2.RLTS.T56629A46775155.en>. [Consulted in January 2022].
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2020b. *Chiropterotriton orculus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T59230A53978814. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T59230A53978814.en>. [Consulted in January 2022].
- Kaiser, K., D.G. Scofield, M. Alloush, R.M. Jones, S. Marczak, K. Martineau, M.A. Oliva & P.M. Narins. 2011. When sounds collide: the effect of anthropogenic noise on a breeding assemblage of frogs in Belize, Central America. *Behaviour* 148:215-232.
- Liedtke, H.C., H. Müller, J. Hafner, J. Penner, D.J. Gower, T. Mazuch, M.O. Rödel & S.P. Loader. 2017. Terrestrial reproduction as an adaptation to steep terrain in African toads. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 284:20162598.
- Lot, A. & Z. Cano-Santana. 2009. Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel. UNAM, México.
- MacGregor-Fors, I., O.H. Ordoñez & R. Ortega-Álvarez. 2013. Urban croaking: diversity and distribution of anurans in a neotropical city. *Urban Ecosystems* 16:389-396.
- MacGregor-Fors, I., S. Avendaño-Reyes, V.M. Bandala, S. Chacón-Zapata, M.H. Díaz-Toribio, F. González-García, F. Lorea-Hernández, J. Martínez-Gómez, E. Montes de Oca, L. Montoya,



- E. Pineda, L. Ramírez-Restrepo, E. Rivera-García, E. Utrera-Barrillas & E. Escobar. 2015. Multi-taxonomic diversity patterns in a neotropical green city: a rapid biological assessment. *Urban Ecosystems* 18:633-647.
- Macías-García, C., M. Suárez-Rodríguez & I. López-Rull. 2017. Becoming citizens: avian adaptations to urban life. Pp. 91-112. En E. Murgui & M. Hedblom (Eds.). *Ecology and Conservation of Birds in Urban Environments*. Springer, Cham.
- Manzanares-Mena, L. & C. Macías-García. 2018. Songbird community structure changes with noise in urban reserve. *Journal of Urban Ecology* 4:1-8.
- McDonald, R., P. Kareiva & R.T. Forman. 2008. The implications of current and future urbanization for global protected areas and biodiversity conservation. *Biological Conservation* 141:1695-1703.
- McDonnell, M.J. & A.K. Hahs. 2008. The use of gradient analysis studies in advancing our understanding of the ecology of urbanizing landscapes: current status and future directions. *Landscape Ecology* 23:1143-1155.
- Martínez Orea, Y., S. Castillo-Argüero, M.P. Guadarrama-Chávez & I. Sánchez. 2019. Post-fire seed bank in a xerophytic shrubland. *Botanical Sciences* 86:11-21.
- Mendoza-Hernández, P.E., A. Orozco-Segovia, J.A. Meave, T. Valverde & M. Martínez-Ramos. 2013. Vegetation recovery and plant facilitation in a human-disturbed lava field in a megacity: searching tools for ecosystem restoration. *Plant Ecology* 214:153-167.
- Murphy, M.O., M. Agha, T.A. Maigret, S.J. Price & M.E. Dorcas. 2016. The effects of urbanization on body size of larval stream salamanders. *Urban Ecosystems* 19:275-286.
- Nagendra, H. 2002. Opposite trends in response for the Shannon and Simpson indices of landscape diversity. *Applied Geography* 22: 175-186
- Oda, F.H., S. Gonçalves, T.M. Oda, L.C.R. Tschope, A.L.F. Briso, M.R.F. Oliveira, R.M. Takemoto & T.S. Vasconcelos. 2017. Influence of vegetation heterogeneity and landscape characteristics on anuran species composition in aquatic habitats along an urban-rural gradient in southeastern Brazil. *Zoology and Ecology* 27:235-244.
- Ouyang, J.Q., C. Isaksson, C. Schmidt, P. Hutton, F. Bonier & D. Dominoni. 2018. A new framework for urban ecology: An integration of proximate and ultimate responses to anthropogenic change. *Integrative and Comparative Biology* 58:915-928.
- Parris, K.M. 2006. Urban amphibian assemblages as metacommunities. *Journal of Animal Ecology* 65:757-764.
- Penna, M. & D. Zúñiga. 2014. Strong responsiveness to noise interference in an anuran from the southern temperate forest. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 68:85-97.
- Pimm, S.L., C.N. Jenkins, R. Abell, T.M. Brooks, J.L. Gittleman, L.N. Joppa & J.O. Sexton. 2014. The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science* 344:1246752.
- Phillott, A.D., R. Speare, H.B. Hines, L.F. Skerratt, E. Meyer, K.R. McDonald, S.D. Cashins, D. Mendez & L. Berger. 2010. Minimising exposure of amphibians to pathogens during field studies. *Diseases of Aquatic Organisms* 92:175-185.
- Pocock, M.J., M. Chandler, R. Bonney, I. Thornhill, A. Albin, T. August, et al. 2018. A vision for global biodiversity monitoring with citizen science. *Advances in Ecological Research* 59:169-223.
- R Core Team. 2016. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, <http://www.R-project.org/> Vienna, Austria. [Consulted in february 2018].
- 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 & CONABIO, México.
- Roca, I.T., L. Desrochers, M. Giacomazzo, A. Bertolo, P. Bolduc, R. Deschesnes & R. Proulx. 2016. Shifting song frequencies in response to anthropogenic noise: a meta-analysis on birds and anurans. *Behavioral Ecology* 27:1269-1274.
- Rovito, S.M., G. Parra-Olea, C.R. Vásquez-Almazán, T.J. Papenfuss & D.B. Wake. 2009. Dramatic declines in neotropical salamander populations are an important part of the global amphibian crisis. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 106:3231-3236.



- Rubbo, M.J. & J.M. Kiesecker. 2005. Amphibian breeding distribution in an urbanized landscape. *Conservation Biology* 19:504-511.
- Sánchez-Herrera, O. 1980. Herpetofauna of the Pedregal de San Angel, D.F., Mexico. *Bulletin Maryland Herpetological Society* 16:9-18.
- Sandoval-Comte, A., E. Pineda & J.L. Aguilar-López. 2012. In search of critically endangered species: the current situation of two tiny salamander species in the neotropical mountains of Mexico. *PLoS ONE* 7: e34023
- Scheffers, B.R. & C.A. Paszkowski. 2012. The effects of urbanization on North American amphibian species: Identifying new directions for urban conservation. *Urban Ecosystems* 15:133-147.
- Serrano, J.M. 2016. El canto de anuncio de la rana endémica del Pedregal de la ciudad de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87:535-539.
- Simmons, A.M. & P.M. Narins. 2018. Effects of anthropogenic noise on amphibians and reptiles. Pp. 179-208. En H. Slabbekoorn, R.J. Dooling, A.N. Popper & R.R. Fay (Eds.). *Effects of Anthropogenic Noise on Animals*. Springer, New York.
- Smallbone, L.T., G.W. Luck & S. Wassens. 2011. Anuran species in urban landscapes: Relationships with biophysical, built environment and socio-economic factors. *Landscape and Urban Planning* 101:43-51.
- Sodhi, N.S., D. Bickford, A.C. Diesmos, et al. 2008. Measuring the meltdown: Drivers of global amphibian extinction and decline. *PLoS ONE* 3: e1636.
- Suárez, A., P. Camarena, I. Herrera & A. Lot. 2011. Infraestructura verde y corredores ecológicos de los pedregales. UNAM, México.
- Sun, J.W. & P.M. Narins. 2005. Anthropogenic sounds differentially affect amphibian call rate. *Biological Conservation* 121:419-427.
- Teixeira, D., M. Maron, & B.J. van Rensburg. 2019. Bioacoustic monitoring of animal vocal behavior for conservation. *Conservation Science and Practice* 1:e72.
- Tennessen, J.B., S.E. Parks & T. Langkilde. 2014. Traffic noise causes physiological stress and impairs breeding migration behaviour in frogs. *Conservation Physiology* 2:cou032
- Troianowski, M., N. Mondy, A. Dumet, C. Arcanjo & T. Lengagne. 2017. Effects of traffic noise on tree frog stress levels, immunity, and color signaling. *Conservation Biology* 31:1132-1140.
- Uribe-Peña, Z., A. Ramírez-Bautista & G. Casas. 1999. Anfibios y reptiles de las Serranías del Distrito Federal, México. *Cuadernos del Instituto de Biología No. 32*, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Valenzuela-Sánchez, A., B.R. Schmidt, C. Pérez, T. Altamirano, V. Toledo, I. Pérez, S. Teillier, A.A. Cunningham & C. Soto-Azat. 2019. Assessing habitat quality when forest attributes have opposing effects on abundance and detectability: A case study on Darwin's frogs. *Forest Ecology and Management* 432:942-948.
- Van Sluys, M., D. Vrcibradic, M.A.S Alves, H.G. Bergallo & C.F.D. Rocha. 2007. Ecological parameters of the leaf-litter frog community of an Atlantic Rainforest area at Ilha Grande, Rio de Janeiro state, Brazil. *Austral Ecology* 32:254-260.
- Vonesh, J.R., J.C. Mitchell, K. Howell & A.J. Crawford. 2010. Rapid assessments of amphibian diversity. Pp. 263-280. En C.K. Dodd Jr (Ed.). *Amphibian Ecology and Conservation: a Handbook of Techniques*. Oxford University Press, Oxford.
- Wake, D.B. & J. Hanken. 1996. Direct development in the lungless salamanders: what are the consequences for developmental biology, evolution and phylogenesis? *International Journal of Developmental Biology* 40:859-869.
- Warren, P.S., M. Katti, M. Ermann & A. Brazel. 2006. Urban bioacoustics: it's not just noise. *Animal Behaviour* 71:491-502.



HEAD-HIDING IN *XENOPHOLIS UNDULATUS* (DIPSADIDAE) IN CENTRAL BRAZIL

ESCONDER LA CABEZA EN *XENOPHOLIS UNDULATUS* (DIPSADIDAE) EN EL BRASIL CENTRAL

AFONSO SANTIAGO OLIVEIRA MENESES^{1,2}, MATEUS DE ALENCAR RAMOS FERNANDES^{2*}, ANTÔNIO GABRIEL TORRES CARDOSO² & REUBER ALBUQUERQUE BRANDÃO²

¹Laboratório de Herpetologia, Departamento de Zoologia, Museu Paraense Emílio Goeldi, Avenida Perimetral 1901, CEP 66040-170, Belém, Pará, Brazil.

²Laboratório de Fauna e Unidades de Conservação, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, L3 norte, CEP 70297-400, Brasília, Distrito Federal, Brazil.

*Correspondence: mateusalencarf@gmail.com

Received: 2021-12-08. Accepted: 2022-03-02. Published: 2022-03-24.

Editor: Marcio Martins, Brasil.

Resumen.— Las serpientes son muy diversas en el Neotrópico, pero muchas especies carecen de registros de historia natural. Aquí registramos el “ocultar la cabeza” como una nueva exhibición defensiva para *Xenopholis undulatus*. Este comportamiento, así como aplanar el cuerpo, cripsis y colores contrastantes, parece ser ventajoso para esta especie nocturna, terrestre y criptozoica.

Palabras clave.— América del Sur, Cerrado, comportamiento defensivo, neotropical.

Abstract.— Snakes are very diverse in the Neotropics, but natural history data is still scarce for several species. Here we report head hiding as a new defensive display for *Xenopholis undulatus*. This behavior, along with body depression, crypsis, and contrasting colors seems advantageous for this nocturnal terrestrial cryptozoic species.

Keywords.— Cerrado, Defensive behavior, Neotropical, South America.

Defensive mechanisms are very diverse among snakes and essential to avoiding detection, injuries, and death (Greene, 1988). Antipredatory displays and color patterns are often associated with other ecological traits (Greene, 1979), such as time of activity, microhabitat use, predatory behavior, or phylogenetic constraints (Martins et al., 2008).

Xenopholis Peters, 1869 is a Neotropical dipsadid genus of small snakes comprising three species: *Xenopholis scalaris* (Wucherer, 1861), *Xenopholis undulatus* (Jensen, 1900), and *Xenopholis werdingorum* Jansen, Álvarez and Kohler, 2009 (Gomes et al., 2021). *X. undulatus* is distributed across the Cerrado and Caatinga ecoregions in Brazil (Gomes et al., 2021), inhabiting gallery forests and riparian areas. It preys mainly upon amphibians and eventually on lizards (Cunha and Nascimento, 1993; Teles et al., 2018).

Reports about the natural history of *X. undulatus* are scarce, especially those concerning defensive behaviors (Marques et

al., 2015). Herein, we report two individuals of *X. undulatus* displaying head-hiding, which is a defensive behavior often displayed by snakes cornered by predators, consisting of hiding the head under the body or under body coils, likely confounding predators, or keeping this vital part of the body away from the attack (Greene, 1988; Caro, 2014).

The first individual was an adult (total length 273 mm), recorded on 18 May 1998 on an artificial island that was formed by the filling of Serra da Mesa hydroelectric dam reservoir (“island 34”, 13.83333° S, 48.316666° W, WGS84, 500 m a.s.l.). It was captured in a pitfall trap and handled while removed from the trap, measured, photographed, and released. The island (“Island 34”) was covered by typical cerrado vegetation, presenting denser vegetation and rocky outcrops in its slopes. Since at the time we were interested in assessing the effects of flooding and island formation on herpetofauna richness and abundance (see Brandão & Araújo, 2009), we did not collect the individual. During handling, the individual displayed cloacal



Figura 1. (A) El primer y (B) segundo individuo de *X. undulatus* escondiendo la cabeza debajo del cuerpo (fotos de RAB y MARF).

Figure 1. (A) The first and (B) second individual of *X. undulatus*, hiding the head under body coils (photos by RAB and MARF).

discharge and, when placed on the ground to be photographed, it displayed head-hiding (Fig. 1a).

The second individual (a juvenile male, total length 180 mm) was recorded on 9 April 2021, at 19:49 h in the front door of a house in the rural region of Brasília, Distrito Federal, Brasil (15.583333°

S, 47.733333° W, WGS84, 1006 m a.s.l.). The landscape of the area is composed of small rural settlements, “Cerradão” vegetation (a forest physiognomy of the Brazilian Cerrado vegetation mosaic), gallery forests, and dry forests over limestone outcrops. When handled, the individual displayed cloacal discharge and head-hiding (Fig. 1b).

Both individuals displayed the same behavior, possibly due to gradual stress levels and the adoption of an escalated defensive pattern (Tozzeti et al., 2021). When we handled the individuals for measurements or photos, they first attempted to flee with fast and erratic movements. The continuous stress caused the display of the second defensive behavior, cloacal discharge. Only after cloacal discharge, the individuals hid their heads under the coils of their bodies, becoming immobile for a few minutes.

Besides flattening the body and cloacal discharge, which was already recorded for *X. undulatus* (Marques et al., 2015), this is the first record of hiding the head for this species. These three defensive displays are common in terrestrial snakes (Greene, 1979; Martins et al., 2008), and have also been recorded in *X. scalaris* (Martins, 1996; Mira-Mendes et al., 2013). There are no published records of defensive behaviors regarding *X. werdingerorum*.

Another possible defensive tactic is the contrasting color pattern, which could be useful for crypsis and camouflage, and is common in nocturnal terrestrial snakes, such as *Xenopholis* spp. (Martins et al., 2008). It is expected that small and poorly known snakes likely display a complex set of defensive behaviors (see Martins et al., 2008). Thus, further studies are necessary to understand the role of ecological and phylogenetic constraints in the defensive repertoire of the genus *Xenopholis* and other Neotropical dipsadid snakes.

Acknowledgments.— RAB thanks to Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico for Research Grant (CNPq process # 306644/2020-7 – PQ). To Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade for Licence SISBIO # 28190-2.

CITED LITERATURE

- Brandão, R.A. & A. Araújo. 2009. Changes in anuran species richness and abundance resulting from hydroelectric dam flooding in central Brazil. *Biotropica* 40:263-266.
- Caro, T. 2014. Antipredator deception in terrestrial vertebrates. *Current Zoology*. 60(1):16-25.
- Cunha, O.R. & F.P. Nascimento. 1993. Ofídios da Amazônia. As cobras da região leste do Pará. Belém. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi série Zoologia 9:1-191.
- Gomes, D.F., J. Azevedo, R. Murta-Fonseca, S. Faurby, A. Antonelli & P. Passos. 2020. Taxonomic revision of the genus *Xenopholis* Peters, 1869 (Serpentes: Dipsadidae): Integrating morphology with ecological niche. *PLoS ONE* 15(12):e0243210.
- Greene, H.W. 1979. Behavioral convergence in the defensive display of snakes. *Experientia* 35:747-748.
- Greene, H.W. 1988. Antipredator mechanisms in reptiles. Pp. 1-152. En C. Gans & R.B. Huey (Eds.). *Biology of the Reptilia*. Alan Liss, New York, USA.
- Martins, M. 1996. Defensive tactics in lizards and snakes: the potential contribution of the Neotropical fauna. *Anais do XIV Encontro Anual de Etologia, Sociedade Brasileira de Etologia, UFU* 14:185-199.
- Martins, M., O.A.V. Marques & I. Sazima. 2008. How to be arboreal and diurnal and still stay alive: microhabitat use, time of activity, and defense in Neotropical forest snakes. *South American Journal of Herpetology* 3(1):58-67.
- Marques, O.A.V., A. Eterovick, C.C Nogueira & I. Sazima. 2015. *Serpentes do Cerrado*. Holos, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.
- Mira-Mendes, C.V., R.M. Oliveira, D.S. Ruas, I.R. Dias & A.J.S. Argôlo. 2013. *Xenopholis scalaris* (Wucherer's Ground Snake). Defensive behavior. *Herpetological Review* 44(4):699.
- Teles, A., A.S. Santos & M.V. Ribeiro. 2018. Predation attempt of *Xenopholis undulatus* (Serpentes, Dipsadidae) on *Physalaemus cuvieri* (Amphibia, Leptodactylidae). *Herpetology Notes* 11:829-830.
- Tozzeti, A.M., S.A.A. Morato, R.S. Bérnils, D. Loebmann, L.F. Toledo, R. Gray & O.M. Entiauspe-Neto. 2021. Evolutionary dynamics shape two passive defensive mechanisms in Neotropical snake radiations. *Phyllomedusa* 20(1):3-13.



NOTAS SOBRE UN SAPO MOMIFICADO Y EL IMPACTO DE LA URBANIZACIÓN EN UNA POBLACION DE SAPOS DE CAÑA (*RHINELLA HORRIBILIS*) EN IGNACIO ROMERO VARGAS, MUNICIPIO DE PUEBLA, MÉXICO

NOTES ON A MUMMIFIED TOAD AND THE IMPACT OF URBANIZATION ON A CANE TOAD POPULATION (*RHINELLA HORRIBILIS*) AT IGNACIO ROMERO VARGAS, MUNICIPALITY OF PUEBLA, MEXICO

JORGE A. HERRERA-FLORES^{1*} & MARÍA FELICITAS ROJAS-CORTÉS²

¹*School of Earth Sciences, University of Bristol, UK*

²*Investigadora independiente*

*Correspondence: jorge.herreraflores@bristol.ac.uk

Received: 2022-02-10. Accepted: 2022-03-03. Published: 2022-03-30.

Editor: Adriana Manzano, Argentina.

Abstract.— We report an unusual case of natural mummification in an specimen of *Rhinella horribilis* collected more than thirty years ago at Ignacio Romero Vargas in the northwest of the city of Puebla, Mexico. The mummified toad provides relevant information on a previously unrecorded taxon for the herpetofauna of the municipality of Puebla; however, all cane toad population went extinct due to the environmental impact provoked by the rapid urbanization of the zone during the last decades.

Keywords.— Mummification, herpetofauna, anurans, environmental impact, habitat loss.

Resumen.— Reportamos un caso inusual de momificación natural en un espécimen de *Rhinella horribilis* colectado hace más de treinta años en Ignacio Romero Vargas al norponiente de la ciudad de Puebla, México. El espécimen momificado provee importante información sobre un taxón anteriormente no registrado para la herpetofauna del municipio de Puebla, del que todas sus poblaciones se extinguieron debido al impacto ambiental provocado por la rápida urbanización de la zona durante las últimas décadas.

Palabras clave.— Momificación, herpetofauna, anuros, impacto ambiental, destrucción de hábitat.

En México, el estado de Puebla alberga una elevada riqueza de anfibios y reptiles, siendo la Sierra Norte, la Mixteca y el valle de Tehuacán las regiones de mayor concentración de especies y también de endemismos (García-Vázquez et al., 2009; Gutiérrez-Mayen et al., 2011; Woolrich-Piña et al., 2017). Respecto al municipio de Puebla, la mayor parte de la herpetofauna se localiza en las diversas juntas auxiliares que rodean al municipio y debido a la rápida urbanización que ocurrió en la zona centro, la mayor parte de la herpetofauna fue extirpada desde hace varias décadas (Gutiérrez-Mayen, 2013).

Aquí reportamos un caso de momificación natural en un anuro hallado en Ignacio Romero Vargas, al norponiente del municipio de Puebla, el cual se encuentra bajo resguardo del Museo Comunitario Ignacio Romero Vargas (MCIRV). El MCIRV, es un pequeño museo inaugurado en 2014 y que está a cargo de la asociación Unidad, Servicio y Desarrollo por Ignacio

Romero Vargas (USD). El museo cuenta principalmente con una colección de diferentes piezas arqueológicas halladas en el cerro de Cristo Rey (anteriormente cerro Citlaltépetl), así como objetos históricos que tratan sobre la fundación de Ignacio Romero Vargas (León-Munguía, 2021). Se realizó una visita al museo tras ser informados de que ahí se exhibe una “rana petrificada” que fue colectada hace varias décadas en los alrededores del cerro de Cristo Rey. Al examinar el ejemplar, notamos que este no estaba “petrificado” como erróneamente se le refería, sino que al morir el ejemplar se momificó (Fig. 1). El espécimen, está registrado bajo el número de catálogo MCIRV 001 y fue colectado por el señor José Juárez Casiano alrededor del año 1988, quien lo encontró ya momificado entre la vegetación que correspondía a pastizales y carrizo (*Arundo donax*) en las cercanías de una antigua ladrillera ya desaparecida, que en la actualidad es ocupada por unidades deportivas y planteles escolares (19.07967°N, -98.24944°W, a una altitud de 2158 m.s.n.m. WGS84).



Figure 1. Mummified specimen of the cane toad *Rhinella horribilis* (MCIRV 001). A) Left lateral view, B) Frontal view, C) Dorsal view and D) Ventral view.

Figura 1. Espécimen momificado del sapo de caña *Rhinella horribilis* (MCIRV 001). A) Vista lateral izquierda, B) Vista frontal, C) Vista dorsal y D) Vista ventral.

Al inspeccionar detalladamente al espécimen, pudimos determinar que pertenece al género *Rhinella* con base al par de glándulas parótidas que sobresalen en los contornos laterales de la cabeza (Fig. 1 A), las que difieren marcadamente en tamaño y forma respecto a las de los géneros *Anaxyrus* e *Incilius* (Canseco-Márquez & Gutiérrez-Mayen, 2010), que son los otros dos miembros de la familia Bufonidae distribuidos en el estado de Puebla. Por otra parte, referimos al espécimen momificado a la especie *R. horribilis* (Fig. 1 B) debido a que sus crestas supraorbitales son ligeramente más rectas, lo que da la apariencia de un cráneo menos redondeado que en *R. marina*, además de que el espécimen carece de la hendidura en la región premaxilar característica de *R. marina* (Acevedo et al., 2016). Las medidas del espécimen tal y como se encuentra actualmente son: longitud

hocico-cloaca (LHC), 65.5 mm; ancho del cráneo (AC), 26.7 mm; largo del húmero (LH), 19.3 mm; largo del fémur (LF), 27.5 mm. En vista dorsal (Fig. 1 C), el espécimen se encuentra muy bien conservado a simple vista, puesto que la piel se observa en buen estado y presenta una coloración verde grisácea. El cráneo está intacto, por lo que las crestas craneales y las glándulas parótidas destacan notablemente (Fig. 1 A, B). El contorno de varios huesos como el atlas, escapulas, vertebras torácicas y huesos de la pelvis están muy marcados y se distinguen con claridad. En vista ventral (Fig. 1D), la piel muestra un daño considerable, dejando expuestas las vertebras torácicas y costillas; así como en las extremidades posteriores, en las que los fémures, tibias y fibulas se encuentran exhibidos y con algunos daños; la coloración es verde, notablemente más oscura que en el dorso. Cabe destacar

que este deterioro, ocurrió varios años después del hallazgo del espécimen y antes de que este pasara a formar parte de la colección del museo, puesto que al momento de ser colectado, este estaba completo y en perfecto estado. El daño del espécimen sucedió hace años, cuando el señor Juárez-Casiano descubrió a un ratón común (*Mus musculus*) trepado en el estante en que el espécimen estaba resguardado en su domicilio, devorando parte del vientre y extremidades posteriores del sapo momificado (Juárez-Casiano, comunicación personal, 6 de noviembre de 2021).

Respecto a la momificación natural, este es un fenómeno que ocurre a causa de la pérdida total de agua en los tejidos blandos del cuerpo por desecamiento, proceso que en

condiciones naturales ocurre en un periodo de entre seis y doce meses después de la muerte del individuo (Marella et al., 2013; Tsranchev et al., 2017). Por otra parte, la “momificación precoz” es un fenómeno muy peculiar y poco documentado, el cual consiste en la rápida momificación natural de un cadáver a causa de condiciones ambientales extremas, usualmente con alta temperatura y baja humedad (Marella et al., 2013; Tsranchev et al., 2017). En relación a la momificación natural en anuros, esta es al parecer muy poco común, ya que hasta el momento solo algunos casos han sido documentados (p.e. Shufeldt, 1886; Hernández-Guzmán & Ahumada-Hernández, 2012). En el caso del espécimen de Ignacio Romero Vargas, creemos que la muerte del ejemplar, se debió a un cambio drástico en la temperatura ambiental, ya que en su momento este fue hallado completo y



Figure 2. Urbanization of Ignacio Romero Vargas in the mid-1980s. This image shows the construction of a road, also in the background abundant can be observed vegetation mainly composed of wild cane or giant reed (*Arundo donax*), a plant species that grows in wetlands and near rivers serving as a refuge for amphibians, birds and reptiles. Photograph courtesy of Archivo Histórico Municipal de Puebla.

Figura 2. Urbanización de Ignacio Romero Vargas a mediados de la década de 1980. En primer plano se observa la construcción de un camino y al fondo se aprecia abundante vegetación compuesta principalmente por la caña común o carrizo (*Arundo donax*), especie vegetal que crece en humedales y cercanías de ríos sirviendo de refugio para anfibios, aves y reptiles. Fotografía cortesía del Archivo Histórico Municipal de Puebla.

sin muestras de depredación. Consideramos, que el cambio drástico en la temperatura, es la causa más factible, ya que como se señaló anteriormente, el espécimen se halló a un costado de una antigua ladrillera en la que se empleaban hornos a muy altas temperaturas para la cocción de ladrillos. Cabe señalar, que para la fabricación de ladrillos, los hornos de cocción funcionan a temperaturas que oscilan entre los 800 y 1300 °C (Guerrero-Gómez et al., 2017); por lo anterior, es probable que el intenso calor proveniente de los hornos, posiblemente provocaron la muerte del sapo cuando este se acercó demasiado a una zona en la que el incremento en la temperatura le causó una acelerada pérdida de agua corporal por evapotranspiración, desembocando en la rápida desecación de sus tejidos blandos y la “momificación precoz” de su cuerpo.

Algunos elementos que apoyan esta hipótesis, son el hecho de que los bufónidos aparentemente tienen tasas más altas de pérdida de agua por evaporación que otros anuros (Withers et al., 1984; Prates & Navas, 2009); además de que el espécimen de Ignacio Romero Vargas se momificó con la postura de conservación de agua bajo condiciones de deshidratación en anuros (Fig. 1), la que consiste en mantener la cabeza cerca del suelo, las extremidades retraídas cerca del cuerpo y los ojos entrecerrados (Prates & Navas, 2009: Fig. 1; Mitchell & Bergmann, 2016: Fig. 1a).

Por otro lado, un aspecto importante del espécimen momificado de *R. horribilis*, es que aunque esta especie ya está reportada para el estado de Puebla (García-Vázquez et al., 2009; Woolrich-Piña et al., 2017), esta no estaba registrada para el municipio de Puebla, donde también se tiene registro de seis especies de anuros: *Anaxyrus compactilis*, *Spea multiplicata*, *Hyla eximia*, *Eleutherodactylus nitidus*, *Lithobates spectabilis* e *Incilius occidentalis* (Gutiérrez-Mayen, 2013). Es interesante, que el espécimen momificado de *R. horribilis*, nos permite saber acerca de una población ya extinta y previamente desconocida que se distribuía al norponiente del municipio de Puebla, a poco más de 6 km en línea recta del centro de la ciudad de Puebla. Mediante pláticas con los miembros de la asociación Unidad, Servicio y Desarrollo por Ignacio Romero Vargas, así como con otros pobladores de la zona, se nos indicó que previo a la acelerada urbanización de Ignacio Romero Vargas durante la década de 1980, en esta zona predominaban los terrenos rurales con abundante vegetación, información que pudimos verificar gracias a la revisión de material fotográfico antiguo alojado en el Archivo Histórico Municipal de Puebla (Fig. 2).

También, se nos comentó que antes de la construcción de los fraccionamientos, unidades habitacionales, centros

deportivos, escuelas y comercios, existieron numerosos cuerpos de agua permanentes como pozas y jagüeyes, además de charcas formadas por lluvia en los que era común observar decenas de sapos y renacuajos de gran tamaño, cuya descripción probablemente corresponda a *R. horribilis*. En relación al declive poblacional y posterior extinción de las poblaciones de sapos, se nos comunicó que desde finales de la década de 1980, las poblaciones de estos animales fueron disminuyendo progresivamente año tras año, conforme los cuerpos de agua iban desapareciendo y la urbanización de la zona avanzaba. Los últimos individuos de *R. horribilis* fueron vistos a mediados de la década de 1990, sin que desde entonces se haya vuelto a observar algún espécimen, por lo que su población en Ignacio Romero Vargas se considera completamente extinta. También se nos informó que además de los sapos, estaban presentes reptiles como los “cuijes” o lagartijas de dos bandas (posiblemente *Aspidoscelis costata*) y serpientes que eran muy abundantes en Ignacio Romero Vargas; al igual que mamíferos como ardillas, conejos y cacomixtles (*Bassariscus astutus*), además de diversas aves que igualmente desaparecieron de la zona.

En relación al desmesurado crecimiento urbano de la zona metropolitana de la ciudad de Puebla; Flores-González (1993) reporta que en el periodo que va de 1970 a 1990, el municipio de Puebla experimentó un proceso acelerado de urbanización e industrialización que rápidamente desapareció muchas de las aéreas rurales periféricas a la ciudad de Puebla. Lo anterior tiene relación con lo mencionado por McKinney (2002) sobre cómo la falta de planeación en el desarrollo de áreas urbanizadas, tiene una influencia negativa que provoca la destrucción irreversible del hábitat de importantes poblaciones de fauna nativa, de las que en muchas ocasiones, no existen programas para su conservación y protección, tal y como sucedió con el declive y posterior extinción de las poblaciones de *R. horribilis* y otra fauna nativa de Ignacio Romero Vargas.

Agradecimientos.— Agradecemos al Museo Comunitario Ignacio Romero Vargas y a los integrantes de la asociación Unidad, Servicio y Desarrollo por Ignacio Romero Vargas (USD), por su apoyo y acceso al espécimen para su estudio. Al señor José Juárez Casiano por los datos proporcionados sobre el hallazgo del espécimen. Al Dr. Uri Omar García Vázquez y a los biólogos Jorge Salazar Arenas y Tania Saldaña Rivermar por su apoyo en la identificación taxonómica del ejemplar. A la Biblioteca pública “Salvador Cruz Montalvo” y al Archivo Histórico Municipal de Puebla por el acceso a sus acervos bibliográficos y fotográficos.

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.
- Canseco-Márquez, L. & M.G. Gutierrez-Mayén. 2010. Anfibios y Reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Fundación para la Reserva de la Biósfera Cuicatlán A. C., Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.
- Flores-González, S. 1993. Estructura territorial en la zona metropolitana de la ciudad de Puebla. Universidad Nacional Autónoma de México, Sociedad Mexicana de Planificación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México D. F.
- García-Vázquez, U.O., L. Canseco-Márquez, G. Gutiérrez-Mayén & M. Trujano-Ortega. 2009. Actualización del conocimiento de la fauna herpetológica en el estado de Puebla. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana* 17:12-36.
- Guerrero-Gómez, G., E. Espinel-Blanco & H. G. Sánchez-Acevedo. 2017. Análisis de temperaturas durante la cocción de ladrillos macizos y sus propiedades finales. *Tecnura* 21:118-131.
- Gutiérrez-Mayén, M.G. 2013. Anfibios y reptiles. Pp. 57-68. En J. Hernández-Castán & R. Mendoza-Cuamatzi (Eds.). *Biodiversidad del municipio de Puebla*. Editorial UPAEP, Puebla, México.
- Gutiérrez-Mayén, G., L. Canseco-Márquez, U.O. García-Vázquez & C.A. Hernández-Jiménez. 2011. Anfibios y reptiles. Pp. 152-158. En Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (Eds.). *La biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado*. Puebla, México.
- Hernández-Guzmán, J. & R.I. Ahumada-Hernández. 2012. Descubrimiento de dos casos de momificación natural en la rana arborícola de Tabasco, SE México. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española* 23:16-19.
- León-Munguía, M.C. 2021. Historia del Museo Comunitario Ignacio Romero Vargas. *Cuetlaxcoapan* 7:56-61.
- Marella, G.L., E. Perfetti, S. Manciocchi & G. Arcudi. 2013. A case of "precocious" mummification. *Journal of Forensic and Legal Medicine* 20:122-124.
- McKinney, M.L. 2002. Urbanization, Biodiversity, and Conservation: The impacts of urbanization on native species are poorly studied, but educating a highly urbanized human population about these impacts can greatly improve species conservation in all ecosystems. *BioScience* 52:883-890.
- Mitchell, A. & P.J. Bergmann. 2016. Thermal and moisture habitat preferences do not maximize jumping performance in frogs. *Functional Ecology* 30:733-742.
- Prates, I. & C.A. Navas. 2009. Cutaneous resistance to evaporative water loss in Brazilian *Rhinella* (Anura: Bufonidae) from contrasting environments. *Copeia* 2009:618-622.
- Shufeldt, R.W. 1886. A mummified frog. *Science* 190:279-280.
- Tsranchev, I., M. Gulinac & D. Stoyanova. 2017. Precocious mummification of a corpse- A rare forensic case from the City of Plovdiv, Republic of Bulgaria. *Journal of Clinical Case Reports* 7:10001046.
- Withers, P.C., S.S. Hillman & R.C. Drewes. 1984. Evaporative water loss and skin lipids of anuran amphibians. *Journal of Experimental Zoology* 232:11-17.
- Woolrich-Piña, G.A., E. García-Padilla, D.L. DeSantis, J.D. Johnson, V. Mata-Silva & L.D. Wilson. 2017. The herpetofauna of Puebla, Mexico: composition, distribution, and conservation status. *Mesoamerican Herpetology* 4:790-884.



APORTE AL CONOCIMIENTO DEL ÁMBITO GEOGRÁFICO DE LA SALAMANDRA *CHIROPTEROTRITON CERONORUM*

CONTRIBUTION TO THE GEOGRAPHICAL KNOWLEDGE OF THE SALAMANDER *CHIROPTEROTRITON CERONORUM*

JOSÉ LUIS AGUILAR LÓPEZ¹, EDUARDO PINEDA¹ & PAULINA GARCÍA BAÑUELOS^{1*}

¹Red de Biología y Conservación de Vertebrados, Instituto de Ecología A. C., Carretera antigua a Coatepec 351, El Haya, Xalapa, 91073, Veracruz, México.

*Correspondence: paulinabanuelos@hotmail.es

Received: 2021-08-22. Accepted: 2022-03-15. Published: 2022-03-30.

Editor: Marco Suárez Atilano, México.

Abstract.— The presence of *Chiropterotriton ceronorum* in a new locality is reported, which broadens the known geographic distribution of this species 14.3 km north of the closest historical locality. In addition, information on the ecology of the species is provided.

Key words.— Oak-Pine forest, terrestrial bromeliad, central Veracruz, threatened species, new locality, Plethodontidae.

Resumen.— Se reporta la presencia de *Chiropterotriton ceronorum* en una nueva localidad, la cual amplía la distribución geográfica conocida de esta especie 14.3 km al norte de la localidad histórica más cercana. Adicionalmente se aporta información sobre la ecología de la especie.

Palabras claves.— Bosque de encino-pino, bromelia terrestre, centro de Veracruz, especie amenazada, nueva localidad, Plethodontidae.

Chiropterotriton ceronorum es una salamandra pletodóntida de talla mediana con una longitud hocico-cloaca (LHC) en machos adultos entre 30.6 y 36.2 mm y en hembras entre 33.3 y 38.4 mm. Esta especie fue descrita en 2020, a partir de ejemplares recolectados en dos sitios en los alrededores de las localidades de Santa Cruz Texmalahuilla, Puebla y Xometla, Veracruz (Parra-Olea et al., 2020), ubicados en un intervalo de elevación entre los 2600 y 3100 m s.n.m. (Fig. 1). De acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés) *Chiropterotriton ceronorum* es una especie amenazada, la cual se encuentra en la categoría En peligro crítico de la Lista Roja (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2021). Por otro lado, la especie no está incluida en la Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2019).

Durante trabajo de campo en una localidad (19.10405° N y 97.15913° O, 2667 m s.n.m.; datum WGS84) cercana a Ayahualulco, Municipio de Alpatlahuac, Veracruz, el 07 de agosto de 2012 a las 00:20 h se colectaron dos ejemplares de *C. ceronorum*, los cuales se encontraban en ejemplares de la bromelia terrestre

Greigia van-hyningii (Figs. 2A y 2B) en un fragmento de bosque de encino-pino moderadamente conservado, con una extensión aproximada de 30 hectáreas, rodeado de cultivos de temporal de papa y maíz, así como pastizales inducidos para ganadería.

Las salamandras fueron fotografiadas en vida, sacrificadas, se les extrajo tejido del hígado y posteriormente fueron preservadas y depositadas en la Colección de Anfibios y Reptiles del Instituto de Ecología (CARIE). El primer ejemplar (CARIE-1055) corresponde a un individuo adulto con una LHC = 31.9 mm y una longitud de la cola (LC) = 46.8 mm (Figs. 2C y 2D), mientras que el segundo ejemplar (CARIE-1056) corresponde a un individuo joven (LHC = 21.4 mm, LC = 20.9 mm). Las características morfológicas y de coloración de los individuos coincidieron con la diagnosis propuesta por Parra-Olea et al. (2020) y la identidad de la especie fue corroborada con base en un análisis molecular. Se analizó un fragmento del gen 16S siguiendo el protocolo de PCR y secuenciación, detallado en García-Bañuelos et al. (2020). Esta secuencia fue 98% idéntica a una secuencia de *C. ceronorum* de la localidad tipo (IBH 30988; Genbank MN914714). Posteriormente, en el mismo sitio el 3 de

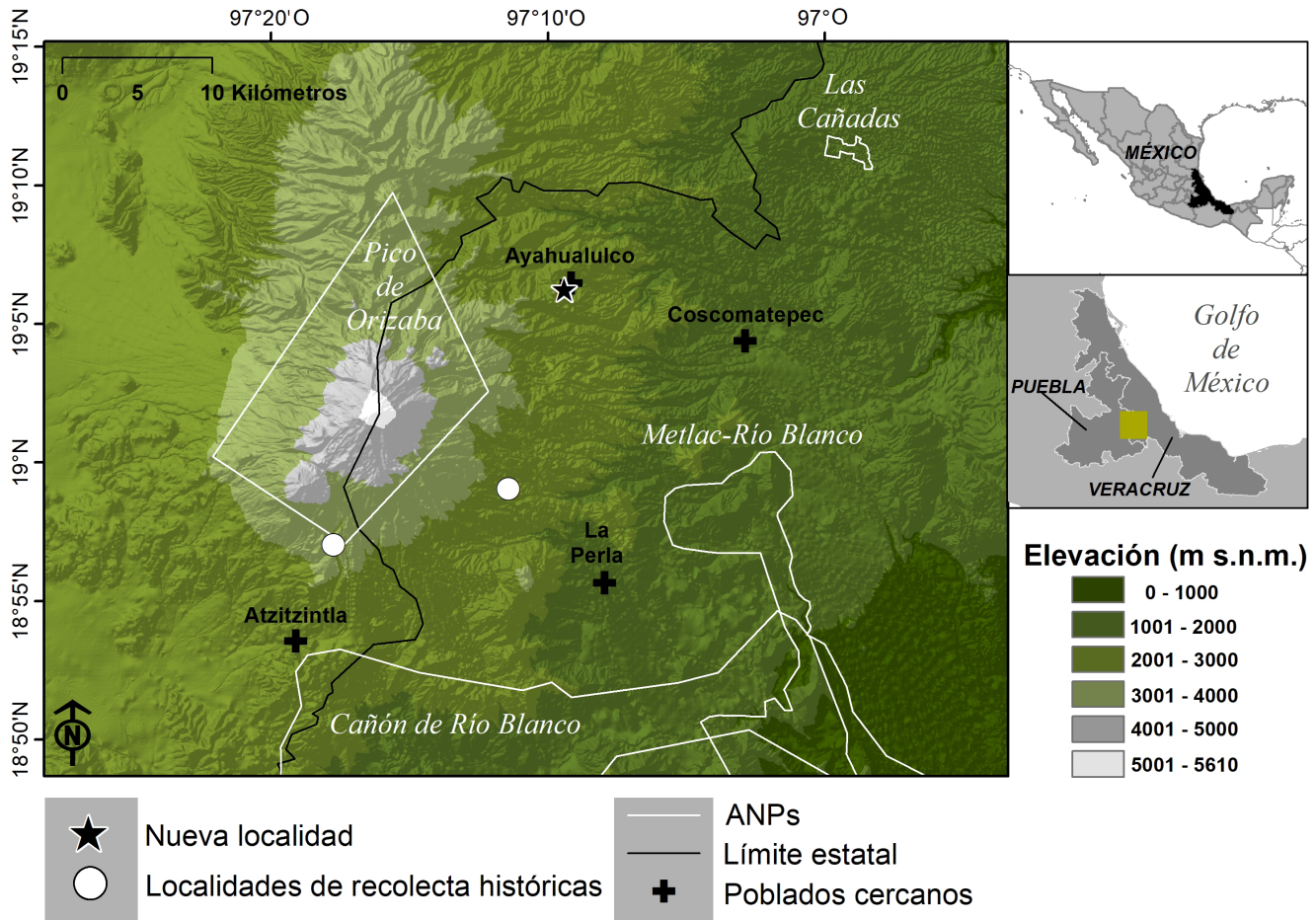


Figure 1. Historical collection localities and new collection locality of *Chiropterotriton ceronorum*. The polygons with white borders indicate the location of the Natural Protected Areas in the central region of Veracruz and eastern Puebla, Mexico.

Figura 1. Localidades de recolecta históricas y nueva localidad de recolecta de *Chiropterotriton ceronorum*. Los polígonos con borde blanco indican la ubicación y límites de las Áreas Naturales Protegidas en la región central de Veracruz y oriente de Puebla, México.

julio de 2017, se colectó un ejemplar joven (CARIE-1257: LHC = 29.4 mm, LC = 31.4 mm) encontrado bajo la corteza de un tronco en estado de descomposición y el 6 de febrero de 2021 se observó un ejemplar en una bromelia *Greigia van-hyningii*.

El hallazgo de *C. ceronorum* en la localidad cercana a Ayahualulco representa una ampliación de la distribución geográfica de 14.3 kilómetros al norte de la localidad de recolecta más cercana (Xometla, Veracruz; Fig. 1) y se ubica dentro del intervalo de elevación conocido para la especie (Parra-Olea et al., 2020). La información sobre el grado de conservación del bosque y el microhábitat donde fue registrado el ejemplar representa un aporte al conocimiento sobre la ecología de la especie, ya que en la descripción original solo se menciona que ejemplares de la

serie tipo fueron registrados en bromelias epífitas (aunque no se menciona la especie), así como bajo la cubierta de microhábitats terrestres (Parra-Olea et al., 2020), lo que sugiere que la especie hace uso de diferentes microhábitats al interior del bosque, como ocurre con otras salamandras pletodóntidas en la zona de estudio (Sandoval-Comte et al., 2012; García-Bañuelos et al., 2020). Los registros de la especie en bromelias, tanto en época de lluvias (agosto) como al inicio de la época de secas (febrero), sugieren que *C. ceronorum* utiliza las bromelias como microhábitat independientemente de la época.

En la Lista Roja de la IUCN (2021) se sugiere que la presencia de *C. ceronorum* se restringe a bosques y que probablemente no tolera la alteración del hábitat, no obstante, las recolectas y



Figure 2. Panoramic view of the habitat (A) and the microhabitat (B) where *Chiropterotriton ceronorum* was found, as well as dorsal (C) and ventral (D) view of a living specimen (CARIE-1055).

Figura 2. Vista panorámica del hábitat (A) y del microhábitat (B) donde se encontró *Chiropterotriton ceronorum*, así como vista dorsal (C) y ventral (D) de un ejemplar (CARIE-1055) en vida.

observaciones en Ayahualulco sugieren que la especie es capaz de tolerar disturbio moderado. Los registros reportados en este estudio tienen relevancia, por tratarse de una especie En Peligro Crítico, considerada microendémica (área de presencia de 45 km²) y cuya población se estima que está severamente fragmentada (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2021), además de que no ha sido observada en los sitios históricos en visitas realizadas en 2015 (Parra-Olea et al., 2020) y desde 2018 (S. Rovito, *com. pers.*), donde el bosque está severamente fragmentado y bajo constante degradación.

El registro de *C. ceronorum* en un fragmento de bosque de encino-pino como el estudiado en diferentes años, sugiere que los fragmentos de este tipo de vegetación pueden ser fundamentales para la permanencia de la especie en una zona altamente modificada por el ser humano, como las montañas del centro de Veracruz. Estudios previos indican que fragmentos de

bosque en esta región sirven como refugio para mantener, en conjunto, una alta diversidad de anfibios, incluyendo especies de salamandras pleurodóntidas en alto riesgo de extinción (Meza-Parral & Pineda, 2015). Promover la conservación de los remanentes de bosque que aún existen, así como la restauración de bosques a partir de ambientes degradados, permite la recuperación de las comunidades de anfibios en la región montañosa central de Veracruz (Díaz-García et al., 2020), lo cual podría ayudar particularmente a la conservación de *C. ceronorum*, ya que ni las localidades históricas ni la reportada en este estudio se localizan dentro de algún área natural protegida (Fig.1) (CONABIO, 2015; CONANP, 2017; IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2021).

Agradecimientos.— Los autores agradecen a Marco Tulio Oropeza y Ricardo Luría por su ayuda en campo; a Pedro Aguilar por su ayuda con la determinación de la especie de bromelia. A

Sean Rovito y Ana Mayela Ornelas por la secuenciación y análisis de los datos moleculares. La colecta del ejemplar se realizó con el permiso de colecta otorgado por SEMARNAT (FAUT-0303 y SGPA-DGVS/03444/15). La CONABIO proporcionó apoyo para esta investigación (proyecto HK006).

LITERATURA CITADA

- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2017. Áreas Naturales Protegidas Federales de México (edición 1). Ciudad de México, México. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> [Consultado en Junio 2021]:
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2015. Áreas Naturales Protegidas estatales, municipales, ejidales y privadas de México, edición: 1. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. [Áreas Naturales Protegidas estatales, municipales, comunitarias y privadas de México, 1a edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Distrito Federal Tlalpan, México. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> [Consultado en Junio 2021]
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2019. Proyecto de Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- Díaz-García, J.M., F. López-Barrera, E. Pineda, T. Toledo-Aceves & E. Andresen. 2020. Comparing the success of active and passive restoration in a tropical cloud forest landscape: A multi-taxa fauna approach. PLoS ONE 15:e0242020.
- García-Bañuelos, P., J.L. Aguilar-López, A. Kelly-Hernández, V. Vázquez-Cruz, E. Pineda & S. M. Rovito. 2020. A new species of *Pseudoeurycea* (Amphibia:Caudata) from the Mountainous of Central Veracruz, Mexico. Journal of Herpetology 54:258-267.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2021. *Chiropterotriton ceronorum*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T182502456A182502484. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2021-1.RLTS.T182502456A182502484.en>. [Consultado en agosto 2021]
- Meza-Parral, Y. & E. Pineda. 2015. Amphibian Diversity and Threatened Species in a Severely Transformed Neotropical Region in Mexico. PLoS ONE 10:e0121652.
- Parra Olea, G., M.G. García-Castillo, S.M. Rovito, J.A. Maisano, J. Hanken & D.B. Wake. 2020. Descriptions of five new species of the salamander genus *Chiropterotriton* (Caudata: Plethodontidae) from eastern Mexico and the status of three currently recognized taxa. PeerJ 8:e8800.
- Sandoval-Comte, A., E. Pineda & J.L. Aguilar-López. 2012. In search of critically endangered species: the current situation of two tiny salamander species in the neotropical mountains of Mexico. PLoS ONE, 7:e34023e.



FIRST RECORD OF A VERTEBRATE IN THE DIET OF THE GENUS *GEOPHIS*

PRIMER REGISTRO DE UN VERTEBRADO EN LA DIETA DEL GÉNERO *GEOPHIS*

STEPHANÍA ARTEAGA-GARCÍA¹, ANTONIO ESAÚ VALDENEGRO-BRITO¹ & URI OMAR GARCÍA-VÁZQUEZ^{1*}

¹Laboratorio de Sistemática molecular, Carrera de Biología, UMIEZ, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM, Batalla 5 de Mayo s/n, Col. Ejército de Oriente. 09230, Ciudad de México, México.

*Correspondence: urigarca@gmail.com

Received: 2021-10-25. Accepted: 2022-02-23. Published: 2022-03-30.

Editor: Irene Goyenechea Mayer Goyenechea, México.

Resumen.— La serpiente falso coral (*Geophis semidoliatus*) se alimenta principalmente de invertebrados. En esta nota presentamos el primer registro de un vertebrado (*Scincella cherriei*) en la dieta de la serpiente *Geophis semidoliatus*.

Palabras clave.— Dieta, *Geophis*, *Scincella*, vertebrado, primer registro.

Abstract.— The Coral Earth Snake (*Geophis semidoliatus*) feeds mainly on invertebrates. In this note we present the first record of a vertebrate (*Scincella cherriei*) in the diet of the snake *Geophis semidoliatus*.

Key words.— Diet, *Geophis*, *Scincella*, vertebrate, first record.

The Coral Earth Snake (*Geophis semidoliatus*) is a small-sized terrestrial snake, with a fossorial habits, which lives in primary and secondary pine-oak and cloud forest, shrubland and disturbed habitats including agricultural land and urban areas of the states of Veracruz, Puebla, and Oaxaca, in Mexico (Canseco-Marquez et al., 2000; Lopez-Luna et al., 2007). Like other species

of the genus, its diet is based mainly on small invertebrates, including two predation events on earthworms recorded (Steib, 1985; Avedaño-Díaz et al., 2021). On June 28th, 2007, we collected an adult specimen of *Geophis semidoliatus* (MZFC-22177) at Ejido Tepequezquiapan, Eloxochitlán-Tlacotepec de Díaz road, municipality of Eloxochitlan, Puebla, Mexico (18.48619° N,



Figura 1. *Scincella cherriei stuarti* (MZFC-22178) encontrada en el estómago de *Geophis semidoliatus*.

Figure 1. *Scincella cherriei stuarti* (MZFC-22178) found in the stomach of *Geophis semidoliatus*.

96.86636° W; WGS84; 1041 m elev.). During a routine dissection, a specimen of the skink *Scincella cherriei stuarti* (Fig. 1) (MZFC-22178) was found in the snake's stomach. The lizard was identified based on scalation and geographic provenance. This is the first record of vertebrate prey in the diet of *Geophis*. The specimens were deposited in the herpetological collection of the Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera," Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (MZFC).

Although it has been documented that various groups of neotropical snakes feed from earthworms, due to their abundance and the high content of proteins they possess (Strüssman et al., 2013), it has also been suggested that they have the capacity to prey on other invertebrates, said capacity seems to consistently represent a primitive feature among the snakes of the Colubridae family (Greene, 1983; Strüssman et al., 2013), nonetheless, these kinds of predator-prey interactions are rarely recorded, so that the documentation of this scenario contributes to know the life story of this species in a more accurate manner.

CITED LITERATURE

- Avendaño Diaz, M., A. Gonzalez & E. A. Bello-Sanchez. 2021. *Geophis semidoliatus* (Coral Earth Snake). Diet and Feeding Behavior. <https://repositories.lib.utexas.edu/handle/2152/87319> [consultado en febrero 2022]
- Canseco-Marquez, L., G. Gutierrez-Mayen & J. Salazar-Arenas. 2000. New records and range extensions for amphibians and reptiles from Puebla, México. *Herpetological Review* 31(4): 259.
- Greene, H. W. 1983. Dietary correlates of the origin and radiation of snakes. *American Zoologist* 23:431-441.
- Lopez-Luna, M.A., & L. Canseco-Marquez. 2007. *Geophis semidoliatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2007: e.T63814A12717681.
- Steib, R.L. 1985. Feeding ecology and organization of neotropical snake faunas (Mexico, communities, herpetology) (Doctoral dissertation, University of California, Berkeley).
- Strüssmann, C., E.S. de Brito & O. A. Marques. 2013. What do water snakes eat? First report of predation by a Neotropical Hydropsini snake on giant earthworms (Glossoscolecidae). *Salamandra* 49(1):48-50.



NEST DEFENSIVE BEHAVIOR BY A MALE *PHYSALAEMUS ATLANTICUS* HADDAD & SAZIMA 2004 (ANURA: LEPTODACTYLIDAE)COMPORTAMENTO DE DEFESA DE NINHO POR UM MACHO DE *PHYSALAEMUS ATLANTICUS* HADDAD & SAZIMA 2004 (ANURA: LEPTODACTYLIDAE)THIAGO SILVA-SOARES^{1,2}, AMANDA DEL' MAESTRO¹, STEPHANIE ARAUJO³, LUIZ NORBERTO WEBER⁴ & ERIKA MARQUES SANTANA¹¹*Herpeto Capixaba, Enseada Azul, 29206-090, Guarapari, ES, Brazil.*²*Museu de História Natural do Sul do Estado do Espírito Santo, da Universidade Federal do Espírito Santo, Avenida Governador Lindemberg, 316, Centro, 29550-000, Jerônimo Monteiro, ES, Brazil.*³*Universidade do Grande Rio, Rua Professor José de Souza Herdy, 1160, Jardim Vinte e Cinco de Agosto, 25071-20, Duque de Caxias, RJ, Brazil.*⁴*Universidade Federal do Sul da Bahia, BR 367, Km 10. Rod. Porto Seguro-Eunápolis, 45810-000, Porto Seguro, BA, Brazil.**Correspondence: erika.ms@gmail.com

Received: 2022-01-07. Accepted: 2022-03-21. Published: 2022-03-30.

Editor: Nelson Velásquez, Chile.

Resumo.— Relatamos um comportamento defensivo de ninho apresentado por um macho de *Physalaemus atlanticus* durante a estação reprodutiva da espécie. Esta é a primeira observação de comportamento de defesa ativa de um ninho no gênero *Physalaemus*. Estudos futuros devem explorar a frequência do comportamento de cuidado parental nesta espécie, bem como a relevância do comportamento defensivo dos machos para a sobrevivência e aptidão da ninhada.

Palavras chave.— Cuidado paternal, defesa, ninho de espuma, comportamento reprodutivo, cuidado parental.

Abstract.— We report a nest defensive behavior presented by a male *Physalaemus atlanticus* during the species' reproductive season. This is the first observation of active nest defensive behavior on genus *Physalaemus*. Future studies should explore how frequent this parental care behavior is displayed in this species and what the relevance of male defensive behavior is for clutch survival and fitness.

Key words.— Paternal care, defense, foam nest, reproductive behavior, parental care.

Parental care is any costly behavior directed to the offspring by a parental, post-fertilization, with the potential to increase offspring's fitness (Trivers, 1974; Klug, 2016). Parental care behaviors evolved independently several times in amphibians (Class Amphibia), presenting a huge diversity in modes, in the caring sex and in the amount of parental investment (Nunes-de-Almeida et al., 2021). Anura is the most diverse amphibian order – both in species richness and in parental-care modes –, comprising 28 of the 30 parental care modes already described for amphibians (reviewed by Schulte et al., 2020). Feeding and transporting tadpoles (reviewed by Weygoldt, 1987), cautious choice of reproductive sites (Crump, 1991), defending cleaning and hydrating of eggs (Townsend et al., 1984) are the most studied anuran parental care behaviors. Despite the current accumulated knowledge, studies on anuran parental care are

strongly biased toward few clades, with a huge gap on studies about Neotropical taxa (Schulte et al., 2020).

The genus *Physalaemus* Fitzinger, 1826 (Anura: Leptodactylidae) is a Neotropical anuran clade composed exclusively by species that construct foam nests during egg deposition (Fouquet et al., 2013). Foam nests operate by maintaining egg temperature, eggs and tadpoles protected from dehydration and diseases, and increasing oxygen supply in temporary puddles or environments with unpredictable rainfall (Zweifel, 1968; Dobkin & Gettinger, 1985; Fleming et al., 2009). Foam nests can also work as food supply for tadpoles after hatching, which allow them to achieve properly weight gain and growth (Tanaka & Nishihira, 1987; Kusano et al., 2006). Foam nests construction during egg-laying is considered a form of parental care due to its costly production



Figure 1. Foam nest of *Physalaemus atlanticus* constructed among roots and leaves in the municipality of Ubatuba, São Paulo State, southeastern Brazil. Photo: Thiago Silva-Soares.

Figura 1. Ninho de espuma de *Physalaemus atlanticus*, construído entre raízes e folhas no município de Ubatuba, Estado de São Paulo, sudeste do Brasil. Foto: Thiago Silva-Soares.

for parental individuals and to its advantages for the offspring (Schulte et al., 2020). However, besides foam nest construction, no other active parental care behavior has been reported in *Physalaemus* genus.

Physalaemus atlanticus Haddad & Sazima 2004 is a cryptic anuran found only in the municipality of Ubatuba, on the north coast of the state of São Paulo, in southeastern Brazil (Frost, 2021). *P. atlanticus* is the unique species of *Physalaemus* genus that occurs in the area (Hartmann et al. 2010; Sasso et al., 2017). Foam nests of *P. atlanticus* are found in the mirror of water in ponds, anchored in vegetation under the moist foliage near forest edges (Haddad & Sazima, 2004), on wet leaf litter far from ponds (Hartmann et al., 2010), or in water-filled bract of the palm trees (Tanaka et al., 2020). This species inhabits plain seashores at

altitudes from sea level to 50 m, usually associated with ponds at the Atlantic Forest coast (Haddad & Sazima, 2004).

On 25 November 2006, at 7:06 PM, a foam nest of *P. atlanticus* was found in the type locality of *P. atlanticus*, in the Serra do Mar State Park, Núcleo Picinguaba, municipality of Ubatuba, state of São Paulo, southeastern Brazil (23°21'29.98"S, 44°50'56.99"W, WGS84; 6 m elev.). The region is characterized by Coastal Rainforest (named as Restinga) (da Silva et al., 2016). The nest was found amongst roots and leaves nearby a temporary pond, in a short land slope inside a lair, partially covered by the leaf litter (Fig. 1). We found the nest by following the advertisement call of one of the several *P. atlanticus* males that were calling in the area (advertisement call described by Haddad & Sazima, 2004).



Figura 2. Macho de *Physalaemus atlanticus* exibindo comportamento defensivo a um ninho de espuma. Município de Ubatuba, Estado de São Paulo, sudeste do Brasil. Foto: Thiago Silva-Soares.

Figure 2. *Physalaemus atlanticus* male exhibiting defensive behavior of a foam nest. Municipality of Ubatuba, São Paulo State, southeastern Brazil. Photo: Thiago Silva-Soares.

We describe below the behavioral observations concerning this focal calling male.

Upon nest locating, the author TSS removed the leaf litter out of the surroundings of the foam nest, i.e., approaching the hand to the nest. An adult individual of *P. atlanticus* – that was deep in the lair hidden somewhere behind the foam nest – firmly jumped out to the lair's entrance in response to TSS action. The individual stayed there steady at the foam nest (Fig. 2) until TSS moved away. TSS stepped away two meters from the nest and, about one minute later, the individual hopped back into the deep of the lair. TSS waited one minute and once more approached his hand to the foam nest and touched the leaves and roots that closely surrounded the nest. Promptly, the

P. atlanticus individual repeated the behavior and showed itself jumping out the nest. Again, TSS stepped back one meter away from the nest and waited two minutes to initiate a third and last provocation. Once more, the individual reacted investing against the simulated threat (TSS), hopping out from the lair to its entrance, remaining steady in this position. This individual was handled and identified as an adult male of *P. atlanticus* by external morphology – i.e. presence of vocal sac, small size, canthus rostralis distinct, orange belly and dorsal skin texture smooth (Haddad & Sazima, 2004). We also could confirm species identification by species-specific advertisement call emitted by the focal and surrounding individuals (Haddad & Sazima, 2004). After species and sex determination, the individual was released. We left the foam nest untouched.

According to Schulte et al. (2020), active egg guarding by females is the most common parental care behavior in amphibians. In the Family Leptodactylidae, most species construct foam nests to egg-laying, and the majority of active parental care behaviors are presented by females (de Sá et al., 2014). In *Leptodactylus* genus, there are several reports of males aggressively defending clutches with eggs, as *L. fallax* (Gibson & Buley, 2004), *L. chaquensis* (Prado et al., 2000) and *L. latrans* (de Sá et al., 2014). In *Physalaemus* genus, previous studies have been shown that males can defend territories against intruder males (with or without foam nests deposited), but this behavior has been pointed out as defense of calling sites, not parental care (see Arzabe & Prado, 2006, and Oliveira Filho & Giaretta, 2008). Thus, the *P. atlanticus* behavior reported in our study is to our knowledge, the first record of active defensive paternal care in the genus.

We were not able to confirm that the observed foam nest was constructed by the focal male, since we did not observed the foam nest construction. Given that males of *L. fallax* only defend the nests that they have constructed with females during egg-laying (Gibson & Buley, 2004), future studies should confirm whether *P. atlanticus* males also only defend foam nests constructed by them. Additionally, we recommend that future studies explore the presence and magnitude of positive effects of *P. atlanticus* male care behavior to offspring survival.

Few hypothesis-testing studies on anuran parental care were developed with species of the Family Leptodactylidae, a knowledge gap that needs to be fulfilled (Schulte et al., 2020). This is especially important considering that Leptodactylidae is one of the species richest, and most geographically widespread, Neotropical anuran families (Frost, 2021). Understanding the evolutionary, physiological and ecological roles of parental care for species of such diverse anuran taxa can clarify theoretical questions about anuran evolution and provide insights on anuran conservation. Thus, we strongly encourage behavioral experiments to confirm the hypothesis of parental care behavior by *P. atlanticus* males, as well in other *Physalaemus*, Leptodactylidae and Neotropical anuran species.

Acknowledgements. – This work is part of 'Herpeto Capixaba: for the knowledge and conservation of amphibians and reptiles of Brazil'. This study was financed in part by Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (EDITAL FAPES Nº 03/2021 - UNIVERSAL #437/2021). Sampling permit was issued by IBAMA (n. 625/2015).

CITED LITERATURE

- Arzabe, C., & C. Prado. 2006. Distinct architectures of subterranean nests in the genus *Leptodactylus* of the *fuscus* group (Anura, Leptodactylidae). *Herpetological Review* 37:23-26.
- Crump, M.L. 1991. Choice of oviposition site and egg load assessment by a treefrog. *Herpetologica* 47:308-315.
- Dobkin, D.S & R.D. Gettinger. 1985. Thermal aspects of anuran foam nests. *Journal of Herpetology* 19(2):271-275.
- de Sá, R.O., T. Grant, A. Camargo, W.R. Heyer, M.L. Ponsa & E. Stanley. 2014. Systematics of the Neotropical genus *Leptodactylus* Fitzinger, 1826 (Anura: Leptodactylidae): phylogeny, the relevance of non-molecular evidence, and species accounts. *South American Journal of Herpetology* 9:S1-S100.
- da Silva, E.D., A.M.G.A. Tozzi & L.D. Meireles. 2016. Leguminosae in an altitudinal gradient in the Atlantic Forest of Serra do Mar State Park, São Paulo, Brazil. *Biota Neotropica*, 16(1):e20140130.
- Fleming, R.I., C.D. Mackenzie, A. Cooper & M.W. Kennedy. 2009. Foam nest components of the Túngara frog: a cocktail of proteins conferring physical and biological resilience. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 276:1787-1795.
- Fouquet, A., B.L. Blotto, M.M. Maronna, V.K. Verdade, F.A. Juncá, R. de Sá & M.T. Rodrigues. 2013. Unexpected phylogenetic positions of the genera *Rupirana* and *Crossodactylodes* reveal insights into the biogeography and reproductive evolution of leptodactylid frogs. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 67(2):445-457.
- Frost D.R. 2021. *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 6.1. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA. [Accessed in December 2021]
- Gibson, R.C. & K.R. Buley. 2004. Maternal care and obligatory oophagy in *Leptodactylus fallax*: a new reproductive mode in frogs. *Copeia* 2004:128-135.
- Haddad, C.F.B. & I. Sazima. 2004. A new species of *Physalaemus* (Amphibia; Leptodactylidae) from the Atlantic forest in southeastern Brazil. *Zootaxa* 479 (1):1-12.
- Hartmann, M.T., P.A. Hartmann & C.F.B. Haddad. 2010. Reproductive modes and fecundity of an assemblage of anuran amphibians in the Atlantic Rainforest, Brazil. *Iheringia* 100(3):207-215.



- Kusano, T., A. Sakai, & S. Hatanaka. 2006. Ecological functions of the foam nests of the Japanese treefrog, *Rhacophorus arboreus* (Amphibia, Rhacophoridae). *The Herpetological Journal* 16(2):163-169.
- Klug, H. 2016. Mating Systems, A Brief History of. Pp. 459-464. In R. M. Kliman R.M.(Ed.), *Encyclopedia of Evolutionary Biology*. Elsevier Science Ltd. The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford, OX5 1GB, UK.
- Nunes-de-Almeida, C.H.L., C.F.B. Haddad & L.F. Toledo. 2021. A revised classification of the amphibian reproductive modes. *Salamandra*, 57(3):413-427.
- Oliveira Filho, J.C.D. & A.A. Giaretta. 2008. Reproductive behavior of *Leptodactylus mystacinus* (Anura, Leptodactylidae) with notes on courtship call of other *Leptodactylus* species. *Iheringia. Série Zoologia* 98(4):508-515.
- Prado C.P.A., M. Uentanabaro & F.S. Lopes 2000. Reproductive strategies of *Leptodactylus chaquensis* and *L. podicipinus* in the Pantanal, Brazil. *Journal of Herpetology* 34:135-139.
- Schulte, L.M., E. Ringler, B. Rojas & J.L. Stynoski. 2020. Developments in amphibian parental care research: history, present advances, and future perspectives. *Herpetological Monographs*, 34:71-97.
- Sasso, T., C.M. Lopes, A. Valentini, T. Dejean, K.R. Zamudio, C.F.B. Haddad & M. Martins. 2017. Environmental DNA characterization of amphibian communities in the Brazilian Atlantic Forest: potential application for conservation of a rich and threatened fauna. *Biological Conservation* 215:225-232.
- Tanaka, R.M, M. Pedrozo & E. Muscat. 2020. More than one path to success: an alternative strategy for *Physalaemus atlanticus* (Amphibia; Leptodactylidae) larval development. *Herpetologia Brasileira* 9(2):66-71.
- Tanaka, S. & M. Nishihira. 1987. Foam nest as a potential food source for anuran larvae: A preliminary experiment. *Journal of Ethology* 5(1):86-88.
- Townsend, D.S., M.M. Stewart & F.H. Pough. 1984. Male parental care and its adaptive significance in a neotropical frog. *Animal Behaviour* 32:421-431.
- Trivers, R.L. 1974. Parent-offspring conflict. *American Zoologist* 14(1):249-264.
- Weygoldt, P. 1987. Evolution of parental care in dart poison frogs (Amphibia: Anura: Dendrobatidae). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 25:51-67.
- Zweifel, R.G.1968. Reproductive biology of anurans of the arid Southwest, with emphasis on adaptation of embryos to temperature. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 140:1.



ANUNCIOS

Agradecimientos a los Revisores 2021 -

LISTA DE AGRADECIMIENTO REVISORES 2021

La Revista Latinoamericana de Herpetología (RLH) está profundamente agradecida con l@s Editores y Revisores que dando su tiempo y sin remuneración económica han ayudado a mantener la calidad de los manuscritos publicados. Este es un reconocimiento a su labor. Así mismo hacemos un llamado a todos l@s interesad@s en formar parte de esta labor editorial para que la herpetología latinoamericana a través de la RLH siga creciendo.

David Ramiro Aguillón-Gutiérrez

Andrés Felipe Aponte Gutiérrez

Daniel Ariano Sánchez

Teddy Angarita Sierra

Gustavo Arnaud Franco

Ignacio De la Riva

María Delia Basanta

Edgar Ahmed Bello Sánchez

Christian Said Berriozabal Islas

Rodrigo Cajade

Anahí Camarena Hernández

Jonathan A. Campbell

Gustavo Campillo

José Gamaliel Castañeda-Gaytán

Rogelio Cedeño Vázquez

Yolocalli Cisneros Bernal

Adam G. Clause

Pablo Francisco Colunga-Salas

Rodolfo A. Coria

Raciel Cruz-Elizalde

Penélope Cruzado Caballero

Gerardo Antonio Chaves Cordero

Fabio Germán Cupul Magaña

Jennifer Sofia Del Río

Luis Díaz Gamboa

Michael Douglas

Sebastian Duarte Marín

Armando H. Escobedo-Galván

Manuel Feria Ortiz

Kathleen Fernandes Grego

Leonardo Fernández Badillo

Lee Fitzgerald

Oscar A. Flores Villela

Daniella França

Ana Gatica Colima

Uri Omar García Vázquez

Irene Goyenechea Mayer-Goyenechea

Juan Manuel Guayasamin

Preferencias

Guadalupe Gutiérrez Mayén

Anibal Helios

Carlos Alberto Hernández Jiménez

Omar Hernández Ordoñez

Victor Hugo Jiménez Arcos

Fred Kraus

Roberto Langstroth

María Mónica Lara Uc

Mario César Lavariega

Adrián Leyte Manrique

Andrés Lira-Noriega

Marco Antonio Lopez Luna

Rodrigo Macip Ríos

Raúl Maneyro

Cinthya Mendoza Almeralla

Marisol Montellano

Luis Antonio Muñoz Alonso

Jose Rafael Nolasco Luna

Marco Tulio Oropeza Sánchez

Javier Ortiz Medina

Marco Fabio Ortiz Ramírez

Vivian Patricia Páez

Ricardo Palacios Aguilar

Carlos Joaquín Pavón Vázquez

Anny Peralta García

Ruth Percino

Hibraim Adán Pérez Mendoza

Robert Alexander Pyron

Juan Pablo Ramirez

Aurelio Ramírez Bautista

Tonatiuh Ramírez-Reyes

Amelly Hyldaí Ramos Díaz

Jacobo Reyes Velasco

César Antonio Ríos-Muñoz

Mauricio Rivera Correa

Travis Robbins

Sean Rovito

Juan Carlos Sánchez Nivicela

Walter Schmidt

José Manuel Serrano-Serrano

Luis Sigler

John Edward Simmons

Israel Solano-Zavaleta

Gerardo Jesús Soria-Ortiz

José Roberto Sosa-López

Marco Suárez-Atilano

Emilio Alfonso Suárez Domínguez

Ireri Suazo-Ortuño

Javier Sunyer

Maricel Tejeira Rodríguez

Jenny Urbina

Luis Enrique Vera-Pérez

Julian A. Velasco

**Si existiera alguna omisión les pedimos encarecidamente se comuniquen al correo revista.latin.herpetologia@gmail.com