



# REVISTA LATINOAMERICANA DE HERPETOLOGÍA

ANFIBIOS Y REPTILES: DIVERSIDAD E HISTORIA NATURAL  
VOLUMEN 03   NÚMERO 02   NOVIEMBRE 2020   ISSN: 2594-2158



## CONSEJO DIRECTIVO 2019-2021

### Presidente

Dr. Hibraim Adán Pérez Mendoza  
Universidad Nacional Autónoma de México

### Vicepresidente

Dr. Óscar A. Flores Villela  
Universidad Nacional Autónoma de México

### Secretario

Dra. Ana Bertha Gatica Colima  
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

### Tesorero

Dra. Anny Peralta García  
Conservación de Fauna del Noroeste

### Vocal Norte

Dr. Juan Miguel Borja Jiménez  
Universidad Juárez del Estado de Durango

### Vocal Centro

M. en C. Ricardo Figueroa Huitrón  
Universidad Nacional Autónoma de México

### Vocal Sur

M. en C. Marco Antonio López Luna  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

## COMITÉ EDITORIAL

### Editor-en-Jefe

Dra. Leticia M. Ochoa Ochoa

### Senior Editors

Dr. Marcio Martins (Artigos em português)  
Dr. Sean M. Rovito (English papers)

### Editores asociados

Dr. Uri Omar García Vázquez  
Dr. Armando H. Escobedo-Galván  
Dr. Oscar A. Flores Villela  
Dra. Irene Goyenechea Mayer Goyenechea  
Dr. Rafael Lara Rezéndiz  
Dr. Norberto Martínez Méndez  
Dra. Nancy R. Mejía Domínguez  
Dr. Jorge E. Morales Mavil  
Dr. Hibraim A. Pérez Mendoza  
Dr. Jacobo Reyes Velasco  
Dr. César A. Ríos Muñoz  
Dr. Marco A. Suárez Atilano  
Dra. Ireri Suazo Ortuño  
Dr. Julián Velasco Vinasco  
M. en C. Marco Antonio López Luna  
Dr. Adrián García Rodríguez

### English style corrector

PhD candidate Brett Butler

### Diseño editorial

Lic. Andrea Vargas Fernández  
M. en A. Rafael de Villa Magallón

## CONTENIDO

### EDITORIAL

SERPIENTES VENENOSAS EN MÉXICO: UNA REVISIÓN AL ESTUDIO DE LOS VENENOS, LOS ANTIVENENOS Y LA EPIDEMIOLOGÍA..... **5**

EDGAR NERI-CASTRO, MELISA BÉNARD-VALLE, GUILLERMO GIL, MIGUEL BORJA, JORGE LÓPEZ DE LEÓN & ALEJANDRO ALAGÓN

### ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

ESTADO POBLACIONAL Y DISTRIBUCIÓN DEL COCODRILO DE PANTANO (*CROCODYLUS MORELETII*) EN REGIONES PRIORITARIAS DE PETÉN, GUATEMALA..... **23**

VALERIE ANDREA CORADO GARCÍA, JOSÉ OCTAVIO CAJAS CASTILLO & JAVIER ARTURO BENÍTEZ-MORENO

EL SAPO ARLEQUÍN DEL CHOCÓ (*ATELOPUS SPURRELLI* BOULENGER, 1914) EN EL PARQUE NACIONAL NATURAL UTRÍA, COLOMBIA: DENSIDAD POBLACIONAL Y RECOMENDACIONES PARA SU MONITOREO Y CONSERVACIÓN..... **34**

ÁNGELA MILENA MELO-BELTRÁN, LINCOLN DE JESÚS MOYA-CÓRDOBA, FABIAN ELIECER VERGARA-ROSARIO & DIEGO A. GÓMEZ-HOYOS

UNA LISTA COMENTADA DE LAS ESPECIES DE ANFIBIOS Y REPTILES CON LOCALIDAD TIPO EN GUERRERO, MÉXICO ..... **43**

RICARDO PALACIOS-ÁGUILAR

A REVISION OF THE HERPETOFAUNA OF COLIMA, MEXICO.....**61**

JACOBO REYES-VELASCO, CHRISTOPH I. GRÜNWALD, JASON M. JONES & IVÁN AHUMADA-CARRILLO

ASSESSMENT OF POPULATION CHARACTERISTICS AND HABITAT USE OF *PODOCNEMIS VOGLI* (MÜLLER 1935) DURING A REPRODUCTIVE SEASON AT THE BOJONAWI PRIVATE NATURE RESERVE (VICHADA DEPARTMENT, COLOMBIA)..... **83**

ANA M. SEPÚLVEDA-SEGURU, VIVIAN P. PÁEZ, MARLEY T. GÓMEZ-RINCÓN, MÓNICA A. MORALES-BETANCOURT<sup>2</sup> & CARLOS A. LASSO

### NOTAS CIENTÍFICAS

SKIN TEXTURE CHANGE IN *DIASPORUS HYLAEFORMIS* (ANURA: ELEUTHERODACTYLIDAE) ..... **95**

JUAN G. ABARCA-ALVARADO

NOTES OF DIET IN HIGHLAND SNAKES *RHADINAEA CALLIGASTER* AND *RHADINELLA GODMANI* (SQUAMATA:DIPSADIDAE) FROM COSTA RICA ..... **98**

JUAN G. ABARCA-ALVARADO

NOTAS DE COMPORTAMIENTO DEFENSIVO DE DOS SALAMANDRAS DE LA REGIÓN DE TALAMANCA, COSTA RICA ..... **102**

MARIA JOSÉ CAMACHO-DURÁN & DIEGO A. GÓMEZ-HOYOS

REGISTRO DE ECTRODACTILIA Y BRAQUIDACTILIA EN *RHEOHyla MIOTYMPANUM* (ANURA: HYLIDAE) EN UN CAFETAL BAJO SOMBRA DEL CENTRO DE VERACRUZ, MÉXICO..... **107**

TONANTZIN CARMONA-ZAMORA, ADRIANA SANDOVAL-COMTE & JUAN MANUEL DÍAZ-GARCÍA

DEPREDACIÓN DE *NINIA DIADEMATA* (SERPENTES: COLUBRIDAE) POR UNA ARAÑA VIUDA NEGRA (*LATRODECTUS MACTANS*) ..... **111**

ANGEL EDUARDO CARRASCO-GONZÁLEZ & RICARDO SERNA-LAGUNES

ON THE TAXONOMIC STATUS OF *APOSTOLEPIS RONCADORI* LEMA, 2016 AND *APOSTOLEPIS VITTATA* (COPE, 1887) (SERPENTES: DIPSADIDAE) ..... **114**

OMAR MACHADO ENTIAUSPE-NETO & ARTHUR TIUTENKO

AMPLEXO HETEROESPECÍFICO ENTRE *RHINELLA HORRIBILIS* (ANURA: BUFONIDAE) Y *RHINOPHRYNUS DORSALIS* (ANURA: RHINOPHRYNIDAE) EN EL MUNICIPIO DE JIQUIPILAS, CHIAPAS, MÉXICO ... **120**

EMMANUEL JAVIER-VÁZQUEZ, VÍCTOR VÁSQUEZ-CRUZ & VÍCTOR ALFONSO PÉREZ TRUJILLO

AN ADULT MALE *BASILISCUS PLUMIFRONS* COPE, 1875 WITHOUT AN ARM SURVIVES IN THE TROPICAL RAIN FOREST OF COSTA RICA ..... **123**

JOSÉ M. MORA, LUCÍA I. LÓPEZ & NARÓN CAMPOS LORÍA

REGISTROS DE CONSUMO DE REPTILES (SQUAMATA: LACERTILIA Y SERPENTES) POR AVES DE PRESA DIURNAS (AVES: ACCIPITRIFORMES Y CATHARTIFORMES) EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN,

## MÉXICO.....126

PEDRO E. NAHUAT-CERVERA, J. RIZIERI AVILÉS-NOVELO, ISMAEL ARELLANO-CIAU, LUIS G. TRINCHAN-GUERRA & EYDER JOEL PACAB-COX

## NUEVOS REGISTROS DE PUESTAS DE HUEVOS DE LA RANITA DE CRISTAL NORTEÑA *HYALINOBATRACHIUM FLEISCHMANNI* (ANURA: CENTROLLENIDAE) ..... 133

ERICK RODRIGO OCAÑA DÍAZ, EMILIO ALFONSO SUÁREZ-DOMÍNGUEZ, NAOMI LÓPEZ MENDOZA, ORLANDO RAFAEL VIVANCO MONTANÉ & EDGAR AHMED BELLO-SÁNCHEZ

## A CUBAN TREEFROG (*OSTEOPILUS SEPTENTRIONALIS*, *HYLIDAE*) PREYING ON A CAGED YELLOW-FACED GRASSQUIT (*TIARIS OLIVACEUS*) IN CUBA ..... 139

YESSICA PORTAL RÍOS, RAFAEL BORROTO-PÁEZ & DENISE REYES PÉREZ

## TAIL BIFURCATION IN *PLESTIODON COPEI* (TAYLOR, 1933) (SQUAMATA: SCINCIDAE) ..... 143

ORLANDO SUÁREZ-RODRÍGUEZ, GABRIEL SUÁREZ-VARÓN, MARISOL MARÍN-VERA & C.M. WATSON

## DEPREDACIÓN DE LA LAGARTIJA *PLESTIODON COPEI* (SCINCIDAE) POR LA RANA *LITHOBATES MONTEZUMAE* (RANIDAE) EN MICHOACÁN, MÉXICO ..... 147

JONATAN TORRES-PÉREZ-COETO, IRERI SUAZO-ORTUÑO & JAVIER ALVARADO-DÍAZ

## NUEVOS REGISTROS DE DISTRIBUCIÓN DE *MICRUROIDES EURYXANTHUS AUSTRALIS* Y *MICRUROIDES EURYXANTHUS NEGLECTUS* (SERPENTES: ELAPIDAE), Y SU DISTRIBUCIÓN POTENCIAL EN SINALOA, MÉXICO ..... 149

PEDRO URIARTE-GARZÓN, ANTONIO ESAÚ VALDENEGRO-BRITO, HORACIO BÁRCENAS-RODRÍGUEZ & URI OMAR GARCÍA-VÁZQUEZ

## NOTAS DE DISTRIBUCIÓN

## *INDOTYPHLOPS BRAMINUS* (DAUDIN, 1803), *TYPHLOPIDAE* ..... 155

JULIO CÉSAR CASTAÑEDA-ORTEGA & SALVADOR GUZMÁN-GUZMÁN

## NOTAS SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE *COLEONYX ELEGANS* (SQUAMATA: EUBLEPHARIDAE) CON REGISTROS DE EXTENSIÓN DE RANGO EN GUATEMALA..... 157

CESAR E. FUENTES-MONTEJO, J. RENATO MORALES-MÉRIDA & MARÍA JOSÉ CHANG

## FIRST RECORD OF *EPICTIA BAKEWELLI* (LEPTOTYPHLOPIDAE) IN THE STATE OF JALISCO, MEXICO ..... 161

EDGAR E. HERNÁNDEZ-JUÁREZ, DANIEL CRUZ-SÁENZ, ANDRÉS RODRÍGUEZ-LÓPEZ, EDUARDO D. ROLDÁN-OLVERA & GERARDO RAMOS-LEÓN

## A NEW DISTRIBUTION RECORD AND PREY ITEM FOR *OXYRHOPUS FITZINGERI* (REPTILIA: DIPSADIDAE) IN AREQUIPA, SOUTHERN PERU ..... 164

NICOLAS W. MAMANI-CABANA

## *AMEROTYPHLOPS MICROSTOMUS* (SQUAMATA: TYPHLOPIDAE) ..... 167

ALVARO MONTER-POZOS, PEDRO E. NAHUAT-CERVERA & J. RIZIERI AVILÉS-NOVELO

## NUEVOS REGISTROS DE *CRAUGASTOR YUCATANENSIS* (ANURA: CRAUGASTORIDAE) EN EL ESTADO DE YUCATÁN ..... 169

PEDRO E. NAHUAT-CERVERA, ALLAM H. TZAB-PECH, AARÓN RODRÍGUEZ-BLANCO & JUAN CRUZADO

## *EPICRATES ALVAREZI* (ÁBALOS, BAEZ & NADER, 1964) (SQUAMATA: BOIDAE) ..... 172

VÍCTOR MAXIMILIANO PARDO, LUCÍA MARTÍNEZ RETTA, SAMUEL ERNESTO OLIVIERI BORNAND & JUAN MANUEL PÉREZ IGLESIAS



ISSN: 2594-2158 Volumen 03, Número 02, Noviembre 2020

Foto de portada: *Crotalus culminatus*, Morelos, México, por Edgar Neri.

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

Contacto: [revista.latin.herpetologia@gmail.com](mailto:revista.latin.herpetologia@gmail.com)

Revista Latinoamericana de Herpetología, año 3, no. 2, noviembre 2020, es una Publicación bianual editada por la Sociedad Herpetológica Mexicana A. C., Dirección: Instituto de Biología SN, Ciudad Universitaria, Coyoacán, C.P. 04510, <http://herpetologia.fciencias.unam.mx/index.php/revista>, tel. (55) 56224800 ext. 44724, [revista.latin.herpetologia@gmail.com](mailto: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.

# SERPIENTES VENENOSAS EN MÉXICO: UNA REVISIÓN AL ESTUDIO DE LOS VENENOS, LOS ANTIVENENOS Y LA EPIDEMIOLOGÍA

## VENOMOUS SNAKES IN MEXICO: A REVIEW OF THE STUDY OF VENOMS, ANTIVENOM AND EPIDEMIOLOGY

EDGAR NERI-CASTRO<sup>1</sup>, MELISA BÉNARD-VALLE<sup>1</sup>, GUILLERMO GIL<sup>2</sup>, MIGUEL BORJA<sup>3</sup>, JORGE LÓPEZ DE LEÓN<sup>4</sup> & ALEJANDRO ALAGÓN<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Medicina Molecular y Bioprocesos, Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad 2001, Colonia Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, C.P. 62210, México

<sup>2</sup>Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Coordinación de la Investigación Científica, UNAM. Edificio de Programas Universitarios, Planta Alta. Circuito de la Investigación Científica. Ciudad Universitaria, Del. Coyoacán, C.P. 04510. Ciudad de México, México

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango, Av. Universidad s/n. Fracc. Filadelfia, C.P. 35010 Gómez Palacio, Durango, México

<sup>4</sup>Hospital General Norberto Treviño Zapata, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México

\*Correspondencia: [alagon@ibt.unam.mx](mailto:alagon@ibt.unam.mx)

**Abstract.**— The study of Mexican snake venoms has increased in importance in the past five years. A significant number of venoms have been characterized, including studies of intraspecific variation in species of major medical importance. However, there is a lack of clinical case reports and studies on the neutralizing potency of antivenoms on the venom of Mexican species. The present work is a review of the studies on the venoms of Mexican species, as well as a compilation of epidemiological data of snake bites occurring in the country. These types of reviews are necessary since they bring attention to the limited information available in the country, even though it has the largest number of species of venomous snakes on the Americas.

**Keywords.**— Viperids; elapids; venoms; snake bites; epidemiology.

**Resumen.**— El estudio de los venenos de serpientes mexicanas ha retomado importancia en los últimos cinco años. Se han caracterizado un número importante de venenos, que incluyen estudios sobre la variación intraespecífica de las especies de mayor importancia médica. Sin embargo, hay una falta de reportes de casos clínicos y estudios sobre la potencia neutralizante de los antivenenos hacia el veneno de las especies mexicanas. En el presente trabajo se realizó una revisión sobre los estudios de los venenos de especies mexicanas, además, se presenta una recopilación de la epidemiología de los accidentes ofídicos que ocurren en el país. Es necesario realizar este tipo de revisiones ya que hacen notar la poca información que se tiene en el país, aunque éste tiene el mayor número de especies de serpientes venenosas en el continente americano.

**Palabras clave.**— Viperidos; Elapidae; venenos; mordeduras de serpientes; epidemiología.

### INTRODUCCIÓN

A pesar de la gran diversidad de serpientes venenosas con las que cuenta México, poco se sabe de la composición de sus venenos. En los últimos cinco años se han realizado esfuerzos

importantes en la caracterización de los venenos de especies mexicanas. Se han realizado estudios de caracterización bioquímica y de las actividades biológicas de los venenos de varias especies de serpientes, contribuyendo al entendimiento y a la predicción de los cuadros clínicos y para ayudar a los médicos a

mejorar la atención hospitalaria. Otros estudios, han realizado evaluaciones de la capacidad neutralizante de la actividad letal, que pueden ser utilizados por los productores de antivenenos mexicanos para mejorar sus productos (Segura et al., 2017; Sánchez et al., 2020). Por otro lado, los estudios proporcionan información básica de nuevas moléculas que componen los venenos que pudieran servir para generar posibles fármacos o llevar al conocimiento de nuevos mecanismos moleculares que permitan entender procesos celulares (Saviola et al., 2015; Rivas Mercado et al., 2020).

El accidente ofídico es un problema a nivel mundial, se estima que ocurren 2.7 millones de envenenamientos de los cuales 100,000 terminan en muertes, 400,000 de los sobrevivientes quedan con secuelas importantes que impiden que las personas desarrollen sus actividades cotidianas (Chippaux et al., 2019; Gutiérrez et al., 2010), lo que conlleva a un problema económico. Estas secuelas se encuentran poco documentadas debido a que algunas personas al salir de la emergencia no regresan al hospital y, por tanto, no se les da seguimiento (López de León, comunicación personal, noviembre 2019). Las cifras tanto de mortalidad como de morbilidad pudieran estar subestimadas debido a que hay países donde no se cuenta con un registro adecuado de los casos.

El objetivo principal de este trabajo fue realizar una recopilación de los estudios realizados con venenos y antivenenos mexicanos, así como recabar la incidencia y mortalidad ocasionada por la mordedura de serpientes en México.

## SERPIENTES VENENOSAS EN MÉXICO

En México, se han registrado 439 especies de serpientes, de éstas el 20% son de importancia médica (Uetz et al., 2020). México, es el país con mayor número de serpientes venenosas en el continente Americano y es considerado el segundo lugar a nivel mundial después de Australia (Uetz et al., 2020). Las serpientes venenosas se clasifican dentro de la familia Viperidae y Elapidae de las cuales se hablará con detalle más adelante. Existe una tercera familia, Colubridae, que contiene algunas especies denominadas semivenenosas, pero éstas, con raras excepciones, no son consideradas de importancia médica (ver sección 6).

### VIPERIDAE

La familia Viperidae en el continente Americano está representada por la subfamilia Crotalinae, conocidas comúnmente como víboras. Su característica principal es la presencia de un par de fosetas termorreceptoras que se ubican entre el ojo y narina

y su dentición es de tipo solenoglifa. Actualmente, se han descrito 260 especies de las cuales 74 se distribuyen en territorio mexicano, éstas se encuentran agrupadas en diez géneros de los cuales dos son endémicos para México (Jadin et al., 2011; Carbajal-Márquez et al., 2020; Uetz et al., 2020). Los estudios taxonómicos constantemente modifican el número de especies, por lo que, es necesario estar actualizándose constantemente. Estos estudios son muy valiosos para el campo de la toxicología, ya que permiten entender las variaciones intra e interespecíficas de la composición de los venenos, así como la evolución de ciertas toxinas (Castro et al., 2013).

### ELAPIDAE

Los elápidos americanos comprenden dos géneros de serpientes terrestres, *Micrurus* y *Micruroides*, y un género de serpiente marina, *Hydrophis*, cuyo único representante en el continente es la serpiente marina pelágica, *Hydrophis platurus* (Uetz et al., 2020). Todos los representantes de la familia Elapidae son venenosos, tienen dentición proteroglifa, cuerpos con escamas lisas y poca diferenciación entre el cuerpo y la cabeza. Los géneros terrestres son conocidos como coralillos o serpientes de coral, y se caracterizan por tener coloraciones brillantes de rojo, negro y amarillo o blanco, generalmente dispuestas en patrones de anillos. Son serpientes de tamaño pequeño a mediano, con ejemplares adultos cuya longitud total puede estar entre 30 y 150 cm, aunque las especies presentes en México rara vez exceden los 100 cm (Roze, 1996). El género *Micruroides*, cuenta con una sola especie, *Micruroides euryxanthus*, que se distribuye en el Noroeste de México y Suroeste de EU, mientras que el género *Micrurus* se distribuye desde el Sur de EUA hasta el Norte de Argentina y cuenta con aproximadamente 90 especies (Campbell & Lamar, 2004; Uetz et al., 2020).

En México, el género *Micrurus* está presente en prácticamente todo el territorio, con excepción de la península de Baja California y algunas regiones del Norte del país (Roze, 1996). Cuenta con 12 especies reconocidas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO; <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>), aunque aquí se excluye a dos especies previamente reconocidas (*M. nebularis* y *M. bogerti*) (Campbell & Lamar, 2004). Recientemente, Reyes-Velasco et al. (2020) analizaron la taxonomía del complejo *M. diastema*, el cual comprende 13 especies mexicanas con 24 subespecies en total, utilizando marcadores moleculares; proponen una modificación substancial de la taxonomía del complejo *M. diastema*, donde reconocen diez especies en este grupo. También señalan que las designaciones actuales, tanto de especies como de subespecies, han estado principalmente basadas en caracteres morfológicos,

como la coloración, que no son suficientes para establecer claramente las diferencias entre las especies de *Micrurus*.

## VENENOS

### VENENOS DE VIPÉRIDOS

Los venenos de las serpientes están compuestos principalmente de proteínas (Calvete et al., 2009; Durban et al., 2013; Tasoulis and Isbister, 2017) que se pueden clasificar en familias proteicas con base en la similitud de su secuencia de aminoácidos (Wu et al., 2003). En una revisión de los proteomas de los venenos de las principales familias y subfamilias de serpientes venenosas publicados hasta el año 2017, Tasoulis & Isbister (2017) reportaron que en el veneno de las serpientes de la subfamilia Viperine se pueden encontrar al menos once familias proteicas listadas a continuación, también se muestra como se conocen por sus siglas en inglés: fosfolipasas A2 (PLA2s), serino proteasas (SVSPs), metaloproteinasas (SVMPs), L-amino oxidasas (LAAOs), proteínas secretadas ricas en cisteína (CRiSPs), lectinas tipo C (CTLs), desintegrinas (DIS), péptidos natriuréticos (NP), péptidos tipo Kunitz (KUN), factores de crecimiento endotelial vascular (VEGF) y cistatinas (CYS). Por su parte, los venenos de las serpientes de la subfamilia Crotaline presentan ocho de las once familias anteriores con excepción de KUN, VEGF y CYS, y exhiben dos familias proteicas adicionales denominadas defensiva o crotamina (DEF) e inhibidores de metaloproteinasas de venenos de serpiente (MPi).

A continuación se describe brevemente la función de las familias proteicas más abundantes en los venenos de los vipéridos. Las SVSPs son glicoproteínas con pesos moleculares que van desde los 26 kDa hasta los 67 kDa y que ejercen su efecto en el sistema hemostático hidrolizando componentes clave de la cascada de coagulación, las plaquetas y en los sistemas fibrinolítico y calicreína-cinina (Matsui et al., 2000; Serrano, 2013). La hidrólisis de los componentes anteriores da como resultado efectos biológicos tales como procoagulación, anticoagulación, agregación plaquetaria, consumo de fibrinógeno y liberación de cinina (Mackessy et al., 2010). Las SVMPs se clasifican en tres clases (P-I, P-II y P-III) de acuerdo a la organización de sus multidominios. Las SVMPs tipo P-III están constituidas por un dominio metaloproteinasas, un dominio tipo desintegrina, un dominio rico en cisteína y adicionalmente, algunas de ellas pueden presentar dos dominios tipo lectina tipo C; las SVMPs tipo P-II tienen los dominios anteriores con excepción del dominio rico en cisteína y los dominios tipo lectina tipo C; y las SVMPs tipo P-I únicamente tienen el dominio metaloproteinasas. Aunado a lo anterior, las SVMPs pueden sufrir otras modificaciones postraduccionales como

son la escisión de algunos dominios y la formación de dímeros (Fox & Serrano, 2008; Terra et al., 2009; Herrera et al., 2015; Gutiérrez et al., 2016b; Roldán-Padrón et al., 2019). Las SVMPs son capaces de degradar proteínas clave en la microvasculatura, la matriz extracelular, la membrana basal de la piel, la cascada de coagulación y las plaquetas, generando, de manera directa y/o indirecta, efectos locales (edema, hemorragia, isquemia, mionecrosis, flictenas y dermonecrosis) y sistémicos (hemorragia en órganos, shock cardiovascular, desfibrinación e hipoagregación plaquetaria) (Kini & Evans, 1992; Gutiérrez & Rucavado, 2000; Gutiérrez et al., 2005, 2010, 2016a). Las PLA2s son enzimas que catalizan la hidrólisis del enlace éster del ácido graso sn-2 de los fosfoglicéridos sn-3, liberando ácidos grasos libres y lisofosfolípidos (Kini & Evans, 1987, 1989; Kini, 2003). Específicamente en el veneno de los vipéridos, las PLA2s están conformadas por 120 a 125 aminoácidos y en algunas de ellas se ha sustituido el aminoácido ácido aspártico en la posición 49 (D49) por otros residuos -mayormente lisina (K49)-, lo que resulta en la pérdida de su actividad catalítica. Sin embargo, aún careciendo de su actividad catalítica, algunas PLA2s son capaces de ejercer efectos biológicos tales como miotoxicidad y citotoxicidad (Lomonte & Gutiérrez, 1989; Lomonte et al., 2003; Lomonte & Rangel, 2012; Teixeira et al., 2003; Harris & Scott-Davey, 2013; Ghazaryan et al., 2015). De forma interesante, se han reportado diferentes efectos farmacológicos en las PLA2s presentes en el veneno de los vipéridos entre los que se encuentran neurotoxicidad, miotoxicidad, cardiotoxicidad, actividad anticoagulante, edema y actividad anticoagulante (Glenn & Straight, 1989; Chen et al., 2004; Fernández et al., 2010; Calvete et al., 2012; Lomonte et al., 2015; Xiao et al., 2017; Neri-Castro et al., 2018, 2020).

Es importante mencionar que la presencia y abundancia relativa de cada uno de estos componentes es variable entre y dentro de las especies (Castro et al., 2013; Vélez et al., 2017) y en la mayoría de los casos no todos los componentes están presentes en un mismo veneno (Sunagar et al., 2014; Gren et al., 2017; Strickland et al., 2018). El que una toxina en particular pueda estar presente o no en un veneno y su abundancia relativa puede ser atribuido a la presencia/ausencia del gen que codifica para esa toxina o la regulación en su expresión a nivel transcripcional (a través de elementos *cis* y *trans*) y/o postranscripcional (por medio de corte y empalme alternativo y microRNAs) (Durban et al., 2017; Zancolli & Casewell, 2020).

Durante muchos años se consideró que los venenos de los vipéridos mexicanos estaban compuestos casi exclusivamente de componentes sin actividad neurotóxica. Estudios recientes han demostrado que algunos vipéridos pueden presentar

fosfolipasas neurotóxicas tipo crotoxina (una fosfolipasa neurotóxica de acción presináptica compuesta de una subunidad ácida sin actividad enzimática y una subunidad básica con actividad catalítica) (Lomonte et al., 2015; Neri-Castro et al., 2019a). Incluso, a través de análisis genómicos se ha propuesto que el ancestro común de los vipéridos contenía en su veneno una fosfolipasa tipo crotoxina que posteriormente se perdió en la mayoría de las especies de vipéridos actuales (Dowell et al., 2016, 2018). Aunque también, se ha propuesto a la hibridación como otro mecanismo para que una especie pueda obtener los genes que codifican para neurotoxinas (Rokyta et al., 2015).

Específicamente en las serpientes de cascabel norteamericanas, en las que se incluyen las mexicanas, las familias proteicas más comúnmente reportadas en los venenos de las serpientes del género *Crotalus* son las PLA2s, las SVSPs y las SVMPS tipo III, mientras que las familias proteicas más comunes en las serpientes del género *Sistrurus* fueron BPPs, CRISPs, DIS y las SVMPS tipo I y III (Deshwal et al., 2020), en el resto de los géneros no hay suficiente información, en los pocos estudios se mantienen como principales familias a las PLA2s, las SVSPs y las SVMPS (Lomonte et al., 2012; Neri-Castro et al., 2019b; García-Osorio et al., 2020). Sin embargo, es importante destacar que, en muchos estudios, las investigaciones se centran en caracterizar específicamente ciertas familias proteicas y son éstas las que finalmente se reportan, lo que no necesariamente significa que sean los únicos componentes en los venenos.

Mackessy (2008) propuso clasificar el veneno de las serpientes de cascabel en dos grandes grupos, por un lado, los venenos con una elevada actividad de metaloproteinasas y con menor toxicidad (dosis letal media  $>1.0 \mu\text{g/g}$ ) fueron clasificados como Tipo I, y los venenos con menor actividad proteolítica ligada a metaloproteinasas y mayor toxicidad (dosis letal media  $<1.0 \mu\text{g/g}$ ) fueron clasificados como Tipo II (Mackessy, 2008). Sin embargo, estudios posteriores han demostrado que existe una importante variación intraespecífica en muchas de las especies de serpientes de cascabel, lo que hace poco práctica esta clasificación ya que dentro de una especie se pueden encontrar poblaciones con venenos altamente variables (Castro et al., 2013; Rivas et al., 2017; Borja et al., 2014, 2018a, 2018b).

## ESTUDIOS DE VENENOS DE VÍBORAS EN MÉXICO

Se han realizado pocos estudios de venenos de serpientes y los estudios del pasado reportan algunas actividades biológicas de sus venenos, sin embargo, la mayoría de éstos no muestran información sobre la edad de las serpientes, longitud, sexo o de la localidad de donde provienen los especímenes. Actualmente, se

sabe que estos datos son fundamentales ya que en la mayoría de las especies mexicanas han presentado variación intraespecífica en distintas escalas (Castro et al., 2013; Rivas et al., 2017; Borja et al., 2014, 2018a, 2018b). A continuación mencionaremos de manera general, los principales estudios realizados con venenos de especies mexicanas.

## Variación intraespecífica

El primer estudio formal de variación intraespecífica en México se realizó comparando el veneno de lo que se consideraba complejo *Crotalus simus*, éste incluía a *C. s. simus*, *C. s. culminatus* y *C. s. tzabcan*, los resultados mostraron alta variación en la actividad letal de sus venenos (expresada como dosis letal media -DL50-). Actualmente, el complejo presenta cambios taxonómicos importantes que no serán abordados en esta revisión. Aún con estos cambios taxonómicos, es evidente la variación intraespecífica en especímenes de *C. culminatus* y *C. tzabcan*, puesto que en ambas especies hay diferencias en su letalidad (DL50), hemorragia y actividad fosfolipasa (Castro et al., 2013). En otro estudio se determinaron los proteomas de un individuo cría y de adulto de las especies mencionadas (Durban et al., 2017) (Tabla 1), los resultados demuestran que existe variación ontogénica y posiblemente variación geográfica, aunque falta realizar un estudio con mayor número de muestras que permitan concluir si la variación de sus venenos se encuentra asociada a algún factor ambiental.

Otra especie que presentó variación fue *Crotalus s. scutulatus*, ésta especie en México presenta los tres tipos de venenos (Tipo I, II y I+II, también conocidos como Tipo B, A y A+B, respectivamente), hasta el momento los de tipo II se encuentran reportados en Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, San Luis Potosí, Estado de México y Zacatecas, los tipo I+II a Coahuila, Nuevo León y Jalisco, los tipo I+II a Zacatecas y Jalisco, mientras que los tipo I al resto de la distribución (Borja et al., 2014, 2018a; Strickland et al., 2018). Los resultados actuales no permiten delimitar las zonas de los distintos tipos de venenos en *C. s. scutulatus*. Para el caso de *C. scutulatus salvini*, aparentemente la subespecie presenta únicamente veneno tipo II, aunque son necesarios más estudios (Strickland et al., 2018). Otra especie que posiblemente presenta variaciones geográficas importantes es *Crotalus ruber lucasensis*, sin embargo, el número de especímenes fue muy limitado, por lo que, se requiere aumentar el número de muestras (Pozas-Ocampo et al., 2020).

Los estudios de variación intraespecífica son relevantes para predecir los cuadros clínicos, ya que los cambios en la composición de veneno dentro de una misma especie son de gran

**Table 1.** Protein families reported in Mexican viper venoms.**Tabla 1.** Familias proteicas reportadas en venenos de víboras mexicanas.

| ESPECIE                                                     | Crotamina | Crotoxin-like | BIP  | CTL  | CRiSP | DIS | LAO  | PLA <sub>2</sub> | SVSP | SVMP | Otras | REFERENCIAS                  |
|-------------------------------------------------------------|-----------|---------------|------|------|-------|-----|------|------------------|------|------|-------|------------------------------|
| <i>Crotalus basiliscus</i>                                  | -         | 4.3           | -    | -    | -     | -   | -    | 9.7              | 11   | 68   | 3     | (Segura et al., 2017)        |
| <i>Crotalus culminatus</i> (adulto)                         | 6         | -             | -    | -    | 5.6   | -   | 11.6 | 3.8              | 16.5 | 45.9 | 10.7  | (Durban et al., 2017)        |
| <i>Crotalus culminatus</i> (juvenil)                        | 11.1      | -             | -    | -    | 3.7   | 1.7 | 8.9  | 13.5             | 13.1 | 41.6 | 6.7   | (Durban et al., 2017)        |
| <i>Crotalus molossus nigrescens</i> Aguascalientes (adulto) | 0         | -             | -    | -    | -     | -   | -    | -                | 14.8 | 44.8 | -     | (Borja et al., 2018)         |
| <i>Crotalus molossus nigrescens</i> Durango (juvenil)       | 48.6      | -             | -    | -    | -     | -   | -    | -                | 18.7 | 14   | -     | (Borja et al., 2018)         |
| <i>Crotalus polystictus</i> (adulto)                        | -         | -             | 36.3 | 7.8  | 4.4   | 9.1 | 4.3  | 7.5              | 7.8  | 19.5 | 6     | (Mackessy et al., 2018)      |
| <i>Crotalus scutulatus scutulatus</i> Aguascalientes Tipo A | -         | 27.7          | -    | -    | -     | -   | -    | -                | -    | 11   | -     | (Borja et al., 2018)         |
| <i>Crotalus scutulatus scutulatus</i> Coahuila Tipo B       | -         | 0             | -    | -    | -     | -   | -    | -                | -    | 40   | -     | (Borja et al., 2018)         |
| <i>Crotalus scutulatus scutulatus</i> Jalisco Tipo A + B    | -         | 21            | -    | -    | -     | -   | -    | -                | -    | 23   | -     | (Borja et al., 2018)         |
| <i>Crotalus culminatus</i> Morelos (adulto)                 | 3.3       | -             | 11.6 | 0.8  | 3.5   | 3.8 | 4.7  | 3.4              | 15.9 | 48.5 | 4.5   | (Neri et al., 2013 )         |
| <i>Crotalus mictlantecuhtli</i>                             | -         | 14.3          | 8.1  | 0.6  | 1     | 1.5 | 5.7  | 8.1              | 30.4 | 27.4 | 4.5   | (Neri et al., 2013)          |
| <i>Crotalus mictlantecuhtli</i> (adulto)                    | -         | 16.8          | -    | -    | 3.9   | 4.3 | 3.5  | 3.9              | 23.7 | 38.4 | 10.9  | (Durban et al., 2017)        |
| <i>Crotalus mictlantecuhtli</i> (juvenil)                   | -         | 26.2          | -    | -    | 11.1  | -   | 2    | 10.1             | 32.7 | 7    | 13.9  | (Durban et al., 2017)        |
| <i>Crotalus tigris</i>                                      | -         | 66.2          | -    | -    | 1.9   | 0.2 | -    | -                | 26.8 | 0.1  | -     | (Calvete et al., 2012)       |
| <i>Crotalus tzcaban</i> (adulto)                            | 18.5      | 3             | 2.6  | 10.4 | -     | 5.1 | -    | 2.6              | 15.4 | 31.8 | 7.2   | (Durban et al., 2017)        |
| <i>Crotalus tzcaban</i> (juvenil)                           | 37.9      | 0.2           | 5.3  | 5.3  | -     | -   | 4.6  | 14.6             | 19.8 | 7.2  | 4.2   | (Durban et al., 2017)        |
| <i>Metlapilcoatlus nummifer</i> (Adulto)                    | -         | -             | -    | -    | 3     | 3   | -    | 31               | 27   | 24   | 12    | (García-Osorio et al., 2020) |
| <i>Metlapilcoatlus nummifer</i> (juvenil)                   | -         | -             | -    | -    | -     | -   | -    | -                | 30   | 55   | 15    | (García-Osorio et al., 2020) |
| <i>Ophryacus sphenophrys</i>                                | -         | 12.9          | -    | -    | 4.9   | -   | 6.5  | 11.9             | 17.1 | 34.9 | 11.7  | (Neri-Castro et al., 2018)   |

BIP: péptidos inhibidores de bradiquinina; CTL: Proteínas tipo lectinas; CRiSP: Proteínas de secreción ricas en cisteína; Dis: Desintegrinas; LAO: L-amino oxidasas; PLA<sub>2</sub>: fosfolipasas tipo A<sub>2</sub>; SVSP: serino proteasas de venenos de serpientes; SVMP: metaloproteasas de venenos de serpientes; Otras: refiere a todas aquellas proteínas que se encuentran en baja proporción (< 4%) y también incluye todas aquellas que son marcadas como "no identificadas"

relevancia para alertar a los médicos sobre la posible variación en los síntomas aún dentro de la misma especie.

### Variación ontogénica

La variación del veneno en víboras dependiendo de su edad (ontogenia) se ha documentado en distintas especies de EUA y Centroamérica. Para la especie mexicana *Metlapilcoatlus nummifer* (anteriormente conocida como *Atropoides nummifer*), se describió la variación de sus actividades biológicas en el veneno de crías ( $\leq 8$  meses), adultos jóvenes (18 meses) y adultos ( $> 24$  meses). En los resultados proteómicos se observó que los venenos de crías poseen un porcentaje alto (55%) de SVMPs y 30% de SVSPs, además no presentaron cantidades detectables de fosfolipasas, mientras que los adultos presentaron 24% de SVMPs y 27% de SVSPs y 31% de PLA<sub>2</sub> (Tabla 1) (García-Orsorio et al., 2020). El veneno de *M. nummifer* es un veneno con valores altos de DL<sub>50</sub> (veneno poco letal) (Tabla 2), pero es un veneno difícil de neutralizar con los antivenenos mexicanos, por lo que, se recomienda que los pacientes mordidos por esta especie sean monitoreados constantemente y el daño local sea supervisado constantemente.

El veneno de crías de *C. molossus nigrescens* contiene crotamina en proporciones importantes, mientras que los adultos la reducen prácticamente a cero (Tabla 1; Borja et al., 2018b). *Crotalus polystictus* también presenta variación entre el veneno de crías y adultos, ya que poseen diferencias importantes en la presencia y ausencia de SVMP-I, SVMP-III y DES, lo que correlaciona muy bien con las actividades medidas en los venenos. Por otro lado, la

DL<sub>50</sub> de las crías fue de 4.5  $\mu\text{g/g}$  y de adultos 5.5  $\mu\text{g/g}$  (Mackessy et al., 2018).

Hace falta realizar estudios de variación ontogénica en el resto de las especies mexicanas, así como los factores ambientales que pudieran influir en estos cambios y los mecanismos moleculares implicados.

### Variación individual

Hasta el momento no existen estudios que demuestren la variación individual del veneno de especies mexicanas. Este tipo de estudios son complicados de realizar, se necesita un número grande de muestras lo que requiere de recursos humanos y económicos importantes. Hay evidencias de que *C. tzabcan* presenta variación individual (Castro et al., 2013; Neri-Castro et al., 2019a) y en breve se espera tener resultados sólidos que demuestren o refuten estos hallazgos.

### Venenos sin variación en sus venenos

Hasta la fecha no hay trabajos en México que reporten que los venenos de una misma especie sean homogéneos a lo largo de su distribución y su edad. Sin embargo, en un trabajo en el que se estudió el veneno de las tres especies de *Agkistrodon* mexicanas se demostró que en el caso de *A. bilineatus* el veneno de los adultos de distintas zonas de su distribución no cambiaba la composición de su veneno (Román-Domínguez et al., 2019). También se comparó el veneno de crías y adultos de *A. bilineatus* del estado de Morelos, se observaron cambios muy pequeños, lo cual podría dar indicios para inferir que el veneno de *A. bilineatus* podría ser

**Table 2.** Protein composition of the venoms of Mexican elapids.

**Tabla 2.** Composición proteica de los venenos de elápidos mexicanos.

| ESPECIE                        | PLA <sub>2</sub>                              | 3FTx                                            | KUN | SVMP        | LAO | CTL | Otras | Sin ID | REFERENCIAS                        |
|--------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----|-------------|-----|-----|-------|--------|------------------------------------|
| <i>Micruroides euryxanthus</i> | 14.2                                          | <b>43.6</b><br>+ <b>18.7</b> $\alpha\text{NTx}$ | ?   | ?           | ?   | ?   | 1.4   | 22.1   | (Bénard-valle et al., en revisión) |
| <i>Micrurus browni</i>         | <b>41.7</b><br>+ <b>5.9</b> $\beta\text{NTx}$ | 26.4<br>+ 4.9 $\alpha\text{NTx}$                | 2.7 | 6.7 (P-III) | 1.8 | 1.6 | 3.4   | 4.1    | (Bénard-Valle et al., 2020)        |
| <i>M. laticollaris</i>         | <b>31</b><br>+ <b>36</b> $\beta\text{NTx}$    | 4 +<br>2 $\alpha\text{NTx}$                     | ?   | ?           | ?   | ?   | 19    | 8      | (Carbajal, 2014)                   |
| <i>M. tener</i>                | <b>20</b><br>+ <b>14</b> $\beta\text{NTx}$    | 42 +<br>4 $\alpha\text{NTx}$                    | ?   | ?           | ?   | ?   | 10    | 10     | (Bénard-Valle et al., 2014)        |
| <i>Hidrophis platyrus</i> (CR) | 32.9                                          | 49.9                                            | -   | 0.9         | -   | -   | 5.8   | 1.4    | (Lomonte et al., 2014)             |

PLA<sub>2</sub>: fosfolipasas tipo A<sub>2</sub>; 3FTx: toxinas de tres dedos; KUN: kunitz; LAO: L-amino oxidasas; CTL: Proteínas tipo lectinas; Otras: refiere a todas aquellas proteínas que se encuentran en baja proporción; Sin ID: proteínas sin identificar. ?: refiere a qué no se sabemos si esta presente o ausente la familia proteica

igual en composición a lo largo de su vida. No obstante, aún hace falta que se analice un número mayor de especímenes para poder realizar una conclusión.

## VÍBORAS CON COMPONENTES NEUROTÓXICOS

La primera neurotoxina se describió en la cascabel sudamericana *Crotalus durissus terrificus* (Faure & Bon, 1988; Faure et al., 1993, 1991), a la cual se le llamó crotoxina. En EUA se reportó en especímenes de *C. s. scutulatus* y se le llamó toxina de mojave; las isoformas de éstas son 98 y 100% idénticas a crotoxina (Faure et al., 1991; Massey et al., 2012; Durban et al., 2017). Recientemente, se ha encontrado en distintas especies y subespecies de cascabeles mexicanas como *C. basiliscus*, *C. ehecatl*, *C. simus*, *C. s. salvini* y *C. tigris*. En *C. lepidus klauberi*, *C. tzabcan* y *C. s. scutulatus* se ha reportado polimorfismo para crotoxina, es decir, hay especímenes positivos y negativos para crotoxina; no se sabe si hay delimitaciones geográficas entre los positivos y negativos, por lo que, es importante seguir realizando estudios. En 2010 en Costa Rica se reportó por primera vez un complejo proteico parecido a crotoxina, la nigroviriditoxina en *Bothriechis nigroviridis* (Fernández et al., 2010), sin embargo, su potencia letal es menor a la de la crotoxina clásica (Lomonte et al., 2015).

En México, se ha documentado que *Ophryacus sphenophrys* posee esfenotoxina (Neri-Castro et al., 2018) y *Mixcoatlus melanurus* tiene melanurutoxina (Neri-Castro et al., 2020), con 81% y 85% de similitud con crotoxina, respectivamente. La potencia letal de ambas es muy similar a la crotoxina de las cascabeles.

## VENENOS DE ELÁPIDOS

Al igual que en todas las serpientes que poseen veneno, los venenos de coralillos están compuestos en más de un 95% de proteínas. Los cuadros clínicos ocasionados por estos venenos son principalmente neurotóxicos y se caracterizan por la generación de una parálisis flácida progresiva tanto en humanos como en sus presas naturales, generalmente serpientes o lagartijas pequeñas (Urdaneta et al., 2004; Bucarechi et al., 2016). Existen pocos efectos locales excepto dolor moderado y un poco de inflamación y, aunque se ha descrito daño renal y miotoxicidad en algunos modelos experimentales (De Roodt et al., 2012; Braga et al., 2020), clínicamente son de poca relevancia.

Los componentes responsables de la parálisis flácida son neurotoxinas presinápticas o beta neurotoxinas ( $\beta$ NTx), pertenecientes a la familia de las PLA<sub>2</sub>, y neurotoxinas

postsinápticas o alfa neurotoxinas ( $\alpha$ NTx), integrantes de una familia proteica no enzimática denominada toxinas de tres dedos (3FTx) (Gutiérrez, 2002). Ambos tipos de neurotoxinas evitan la contracción de los músculos esqueléticos a nivel de la placa neuromuscular, ya sea bloqueando los receptores nicotínicos de acetilcolina (nAChRs) en el caso de las  $\alpha$ NTxs (Nirthanan & Gwee, 2004; Barber et al., 2013), o evitando la liberación del neurotransmisor y eventualmente generando una destrucción del botón presináptico en el caso de las  $\beta$ NTxs (Montecucco et al., 2008).

En términos de su composición proteica, se han identificado un total de 22 familias proteicas en los venenos de coralillos del género *Micrurus*. De éstas, las PLA<sub>2</sub> y 3FTx son los componentes con mayor abundancia. La mayoría de los venenos poseen también SVMPs, LAOs, KUN y CTLs, aunque en menor proporción que las otras dos (Fernández et al., 2015; Lomonte et al., 2016; Aird et al., 2017). Se ha propuesto que existe una dicotomía en la composición de los venenos de coralillos en el continente, de manera que las especies sudamericanas tienen mayor proporción de 3FTx, mientras que las norteamericanas tienen mayor abundancia de PLA<sub>2</sub> (Fernández et al., 2015). Sin embargo, aún existe una gran cantidad de venenos cuya composición proteica no ha sido estudiada, incluyendo a la mayor parte de las especies mexicanas.

Los venenos de coralillos mexicanos permanecieron prácticamente sin estudiar hasta hace aproximadamente una década. Actualmente, existen análisis generales del perfil proteico de algunas especies pero sólo hay caracterizaciones bioquímicas y biológicas de los venenos de tres especies: *M. laticollaris* (Carbajal-Saucedo et al., 2013a, 2013b), *M. tener* (Bénard-Valle et al., 2014) y *M. browni* (Bénard-Valle et al., 2020). En las tres especies, los componentes más abundantes pertenecen a las PLA<sub>2</sub>, seguidas por 3FTx (Tabla 2), lo cual concuerda el patrón dicotómico antes mencionado.

En estos estudios, se ha hecho evidente que las  $\beta$ NTx juegan el papel principal en la letalidad y se han aislado parcialmente PLA<sub>2</sub> neurotóxicas con alta potencia letal en los tres venenos. También se ha caracterizado su neurotoxicidad, mostrando que son capaces de bloquear la comunicación neuromuscular mediante mecanismos principalmente presinápticos (Carbajal-Saucedo et al., 2013a; Bénard-Valle et al., 2020). No obstante, también se han identificado y purificado componentes de tipo 3FTx con alta potencia letal y se ha comprobado que son  $\alpha$ NTx activas que se encuentran en baja proporción en comparación con las  $\beta$ NTx antes mencionadas. Algunas de éstas han sido también clonadas y expresadas en la bacteria *Escherichia coli* (Carbajal-Saucedo et

al., 2013b; Guerrero-Garzón et al., 2018) con el fin de analizar sus características inmunogénicas y proponer estrategias para mejorar su neutralización por los antivenenos disponibles.

#### *Micruroides euryxanthus*

Recientemente, se analizó por primera vez a detalle el veneno del coralillo del desierto Sonorense, *Micruroides euryxanthus* (Bénard-Valle et al., en revisión). Se observó que, a diferencia de los otros venenos de coralillos mexicanos estudiados a la fecha, tiene mayor proporción de 3FTx que de PLA2, y es por tanto similar en composición general a los venenos de algunos coralillos sudamericanos (Aird et al., 2017). También se identificó una  $\alpha$ NTx, denominada Eurytoxina, la cual es responsable de la mayor parte de la letalidad de este veneno. No se encontró ninguna PLA2 con alta potencia letal. Los pocos envenenamientos causados por esta especie han sido leves y no existe ningún caso de muerte registrado (Russell, 1967; Juckett & Hancox, 2002;). Sin embargo, es importante hacer notar que el antiveneno comercial, Coralmyl®, producido en México, no es capaz de neutralizar el efecto letal de este veneno en ratones (Bénard-Valle et al., en prensa).

#### *Hydrophis platurus*

Aunque el veneno de la serpiente marina *Hydrophis platurus* de México no ha sido estudiado, existen trabajos sobre los venenos de esta especie en otras áreas de su distribución como Costa Rica. En éstos, se ha observado que posee alta potencia letal (0.21  $\mu$ g/g) y se compone en su mayoría de 3FTx (Lomonte et al., 2014). Posee un veneno relativamente simple y similar al de otras serpientes marinas, ya que las 3FTx, junto con PLA2 y KUN, representan el 91.9% del veneno. De manera similar a lo que ocurre en *Micruroides euryxanthus*, una sola toxina denominada *Pelamitoxina*, es la principal responsable de la actividad letal (Tu et al., 1975).

En nuestro país, no existe ningún caso documentado de envenenamiento por este elápidico y no hay ningún antiveneno específico. Sin embargo, con base en su composición proteica, es probable que el antiveneno antielápidico mexicano, producido con venenos marcadamente predominantes en PLA2, tenga una capacidad neutralizante muy limitada contra el veneno de esta especie. En ensayos preclínicos, el antiveneno del Instituto Clodomiro Picado, en Costa Rica, que utiliza como inmunógeno el veneno del coralillo centroamericano *Micrurus nigrocinctus*, no mostró capacidad neutralizante. En contraste, el antiveneno australiano CSL Ltd, producido utilizando el veneno de la serpiente marina *Enhydra schistosa*, probó ser capaz de neutralizar la actividad letal de este veneno (Lomonte et al., 2014).

## VENENOS DE COLÚBRIDOS

En los últimos años la familia Colubridae ha tenido cambios taxonómicos importantes, destacando que algunos de los grupos mencionados en esta sección ya no pertenecen a la familia Colubridae (para más información ver Zaher et al., 2019). De lo que anteriormente se consideraba Colubridae (Lawson et al., 2005) se estimaba que alrededor de 700 especies poseen dentición opistoglifa y una glándula venenosa conocida como glándula de Duvernoy, homóloga a la glándula venenosa de vipéridos y elápidos (Mackessy, 2002). La naturaleza de sus venenos, en términos de letalidad y composición, es generalmente desconocida, ya que pocas de estas especies representan un riesgo grave en casos de envenenamientos humanos. A la fecha, sólo existen reportes de envenenamientos con desenlaces fatales por cinco especies de colúbridos a nivel mundial: *Dispholidus typus*, *Thelotornis capensis*, *Rhabdophis tigrinus*, *Philodryas olfersii* y *Tachymenis peruviana* (Mackessy, 2002).

Los venenos de colúbridos que se han estudiado tienen las mismas familias proteicas encontradas en los venenos de vipéridos y elápidos, sin embargo, parecen ser de menor complejidad (Mackessy, 2002). Actualmente, existen proteomas de los venenos de cinco especies de colúbridos, en los que se observa que las familias proteicas más abundantes son SVMP, 3FTx, CRiSP y, en menor abundancia, PLA2 (Tasoulis & Isbister, 2017).

Aunque no existen casos reportados de envenenamientos severos por colúbridos mexicanos, Zavala y colaboradores (2002) mencionan que los géneros *Conopsis*, *Leptodeira*, *Oxybelis* y *Trimorphodon* podrían ser de importancia clínica. En uno de los pocos trabajos que incluyen la caracterización de veneno de colúbridos (Hill & Mackessy, 2000) analizaron los venenos de 12 especies, 6 de ellas distribuidas en México, de los géneros *Diadophis*, *Heterodon*, *Hypsiglena*, *Salvadora*, *Tantilla* y *Trimorphodon*. Todos los venenos poseen actividad proteasa y los venenos de *T. biscutatus*  $\lambda$  y *Diadophis punctatus* *regalis* presentaron también actividad PLA2. Ninguno de los venenos mostró actividad hialuronidasa, tipo trombina o tipo kalicreína.

Dada la similitud en composición con los venenos de serpientes de las familias Viperidae y Elapidae y que la potencia letal de los venenos de las especies de colúbridos mexicanos es desconocida, se recomienda tomar precauciones al trabajar con ellas para evitar accidentes.

## ¿QUÉ SERPIENTE MEXICANA ES MÁS "PELIGROSA"?

Hablar de la “peligrosidad” de una serpiente en una región determinada es un tema complejo, existen muchos factores que influyen para etiquetar a una serpiente como más peligrosa que otra. Por mencionar algunos factores: A) abundancia de la especie en la comunidad; B) temperamento de la especie, es decir, qué tan probable es que la especie se encuentre a la defensiva frente a un posible depredador; C) cantidad de veneno que puede inocular; D) potencia letal del veneno (incluye la composición del veneno), y E) capacidad neutralizante del antiveneno para esa especie. Existen otros factores más que van a influir en mayor o menor medida, por ejemplo, acceso a atención médica, disponibilidad de antiveneno, creencias religiosas, preferencia por acudir a remedios caseros, chamanes y curanderos locales. Los factores mencionados cambiarán en orden de importancia dependiendo la región.

## POTENCIA LETAL DE VENENOS DE SERPIENTES MEXICANAS

En estudios de laboratorio es importante conocer la potencia letal de un veneno, existen distintas formas de expresarla, la más usada es la dosis letal media (DL<sub>50</sub>), definida como la cantidad de veneno necesaria para matar a la mitad de una población animal. La DL<sub>50</sub> es una medida que permite comparar la letalidad entre dos o más venenos, y la evaluación de la eficacia de un antiveneno para neutralizar la actividad letal. Es importante aclarar que comparar la DL<sub>50</sub> de los venenos solo nos dice cuál es más potente (letal) probado en las mismas condiciones (vía de administración, modelo animal, entre otros) pero no toma en cuenta los factores mencionados en la sección 7.

Teniendo en cuenta lo anterior, los venenos con DL<sub>50</sub> más bajas (venenos más potentes) son *Crotalus tigris* (0.052 µg/g), *C. s. scutulatus* (tipo A) (0.098 µg/g), *C. mictlantecuhli* (0.15 µg/g), *Micrurus b. browni* (0.17 µg/g) y *M. laticollaris* (0.6 µg/g), y los venenos menos potentes *C. culminatus* (15.9 µg/g) y *Metlapilcoatlus nummifer* (9.7 µg/g). En la Tabla 3 se muestran las DL<sub>50</sub> de algunos de los venenos de varias especies.

## ANTIVENENOS MEXICANOS

Hasta la fecha el único tratamiento específico para el tratamiento de una mordedura por serpiente son los antivenenos. Los antivenenos mexicanos son de origen equino y su composición se basa en fragmentos de anticuerpos F(ab')<sub>2</sub>. Antivenenos que en la actualidad son muy seguros y para la mayoría de las especies eficaces para neutralizar la actividad letal, así como algunas de las principales actividades bioquímicas y biológicas de los venenos. En el mercado existen dos antivenenos para el tratamiento de la mordedura de víbora: A) Faboterápico Polivalente Antiviperino,

**Table 3.** Examples of LD<sub>50</sub> of Mexican snakes.

**Tabla 3.** Ejemplos de DL<sub>50</sub> de serpientes mexicanas.

| Especie                                | DL <sub>50</sub><br>(µg/g) | Cita                               |
|----------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| <i>Agkistrodon bilineatus</i>          | 1.9                        | (Román-Domínguez et al., 2019)     |
| <i>A. russeolus</i>                    | 1.2                        | (Román-Domínguez et al., 2019)     |
| <i>A. taylori</i>                      | 1.4                        | (Román-Domínguez et al., 2019)     |
| <i>Crotalus culminatus</i> (Morelos)   | 15.9                       | (Castro et al., 2013)              |
| <i>C. culminatus</i> (Morelos)         | 8.53                       | (Castro et al., 2013)              |
| <i>C. mictlantecuhli</i>               | 0.18                       | (Castro et al., 2013)              |
| <i>C. polystictus</i>                  | 5.5                        | (Mackessy et al., 2018a)           |
| <i>C. polystictus</i> (cría)           | 4.5                        | (Mackessy et al., 2018a)           |
| <i>C. ruber lucasensis</i>             | 6.8                        | (Pozas-Ocampo et al., 2020)        |
| <i>C. s. scutulatus</i> "A +B"         | 0.136                      | (Borja et al., 2018a)              |
| <i>C. s. scutulatus</i> "A"            | 0.092                      | (Borja et al., 2018a)              |
| <i>C. s. scutulatus</i> "B"            | 1.09                       | (Borja et al., 2018a)              |
| <i>C. tigris</i>                       | 0.052                      | Generada para este trabajo         |
| <i>C. tzabcan</i> (Chetumal)           | 1.8                        | (Castro et al., 2013)              |
| <i>C. tzabcan</i> (Mérida)             | 8.2                        | (Castro et al., 2013)              |
| <i>Metlapilcoatlus nummifer</i>        | 6.9                        | (García-Osorio et al., 2020)       |
| <i>Metlapilcoatlus nummifer</i> (cría) | 9.7                        | (García-Osorio et al., 2020)       |
| <i>Micruroides e. euryxanthus</i>      | 1.39                       | (Bénard-Valle et al., en revisión) |
| <i>Micrurus b. browni</i>              | 0.17                       | (Bénard-Valle et al., 2020)        |
| <i>M. laticollaris</i>                 | 0.6                        | (Carbajal, 2014)                   |
| <i>M. tener</i>                        | 1.2                        | (Bénard-Valle et al., 2014)        |
| <i>Mixcoatlus melanurus</i>            | 0.82                       | (Neri-Castro et al., 2020)         |
| <i>Ophryacus smaragdinus</i>           | 1.45                       | (Neri-Castro et al., 2019b)        |
| <i>O. spehnophrys</i>                  | 0.88                       | (Neri-Castro et al., 2019b)        |
| <i>O. undulatus</i>                    | 3.05                       | (Neri-Castro et al., 2019b)        |

DL<sub>50</sub>: Dosis letal media, expresada como miligramos de veneno por miligramo de ratón.

"A", "B" y "A+B" son letras que identifican a los venenos tipo II, I y I+II, respectivamente.

Los venenos son de adultos, excepto los que tienen "cría".

fabricado por BIRMEX y cuyos inmunógenos son el veneno de *Bothrops asper* y *C. basiliscus*; B) Antivipmyn, producido por el Instituto Bioclon de los Laboratorios Silanes que usa los venenos de *B. asper* y *C. simus* como inmunógenos. Por otro lado, sólo existe un antiveneno para la mordedura de serpiente de coral, Coralmyn, de Bioclon, que utiliza veneno de *M. nigrocinctus*.

Los dos antivenenos, si bien son seguros, pueden mejorarse en cuanto a su capacidad neutralizante, tanto para cubrir los envenenamientos de las especies, como sus variantes geográficas y ontogénicas. En estudios de laboratorio, los venenos de especies neurotóxicas son bien neutralizados, mientras que especies como *C. culminatus*, *C. molossus nigrescens* y *M. nummifer* son difíciles de neutralizar, por lo que requieren que la cantidad de antiveneno que se debe neutralizar sea mayor. Una de las moléculas que los antivenenos no neutralizan es crotamina así que venenos con porcentajes altos de ésta serán mal neutralizados, tal es el caso de jóvenes de *C. molossus nigrescens* y *C. totonacus*, y posiblemente otras cascabeles que la contengan, jóvenes o adultas.

Aunque no se habló de los lagartos venenosos del género *Heloderma* es importante mencionar que no existe antiveneno para estas mordeduras, lo mismo para colúbridos, por lo que, los pacientes deben ser tratados sintomáticamente.

## EPIDEMIOLOGÍA DEL ACCIDENTE OFÍDICO EN MÉXICO

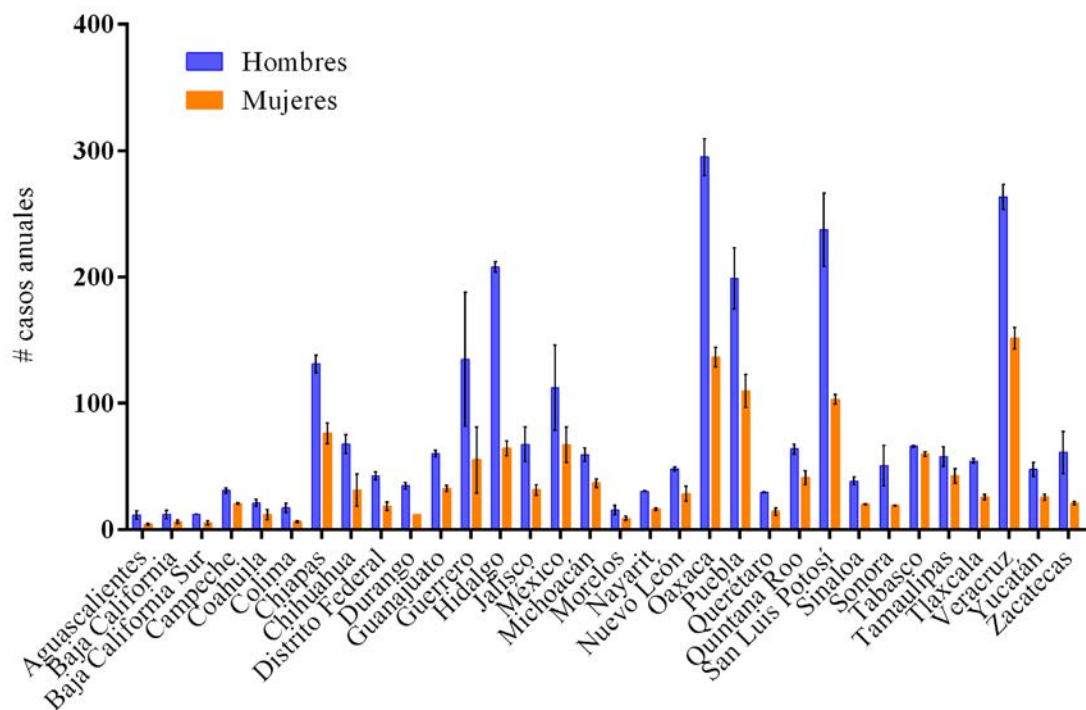
Al igual que en muchos otros países, en México los datos epidemiológicos referentes a envenenamientos por animales en general son deficientes. La incidencia de este tipo de accidentes empezó a ser registrada en el 2003 en los reportes epidemiológicos semanales del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE), que pertenece a la Secretaría de Salud (SINAVE, 2019). El SINAVE recaba información de 20,005 unidades prestadoras de servicios de salud tanto públicos como privados. Esto representa el 49.9% de las 40,069 unidades prestadoras de servicios médicos registradas en el Catálogo de Clave Única de Establecimientos de Salud (CLUES), que pertenece a la Secretaría de Salud ([http://www.dgis.salud.gob.mx/contenidos/sinais/s\\_clues.html](http://www.dgis.salud.gob.mx/contenidos/sinais/s_clues.html)).

En el país, se registraron un promedio de 3,893 envenenamientos por serpiente por año entre el 2003 y 2019, sin embargo, estos datos son subestimados ya que en algunas comunidades las personas mordidas son tratadas por curanderos y chamanes, además de un gran número de unidades prestadoras de servicio que no recaban información en el SINAVE. Estos registros proveen pocos datos sobre la naturaleza de los accidentes, pues mencionan solamente el

número de casos por municipio en donde los pacientes son atendidos, pero no registran la localidad en el que el paciente fue mordido, esto ocasiona un sesgo ya que los registros se realizan generalmente en los hospitales de las ciudades cercanas. Por otro lado, aunque se registra el sexo de la persona involucrada (Figura 1) no se registra la edad, la parte del cuerpo afectada, el desarrollo del envenenamiento, etcétera. Con los datos disponibles, puede observarse el mayor número de casos ocurrieron en los estados de Oaxaca, Veracruz, San Luis Potosí, Puebla e Hidalgo, mientras que el estado de Aguascalientes tiene, en promedio, el menor número de casos anuales. También, es evidente que en todos los estados existe una mayor incidencia en personas de sexo masculino, el porcentaje total del sexo masculino fue de 66.3% mientras que el femenino de 33.7%. No hay estudios que expliquen esta alta incidencia en hombres, sin embargo, se puede estar relacionado a que los hombres realizan principalmente actividades agrícolas, ganaderas y otras que implican presencia constante en zonas de campo. En pacientes recibidos en el Hospital General Norberto Treviño en Ciudad Victoria, Tamaulipas, varios pacientes reportan haber sido mordidos tratando de manipular o matar a las serpientes, lo cual incrementa la probabilidad de ser mordidos, esto sucede en menor medida con las mujeres (Figura 1).

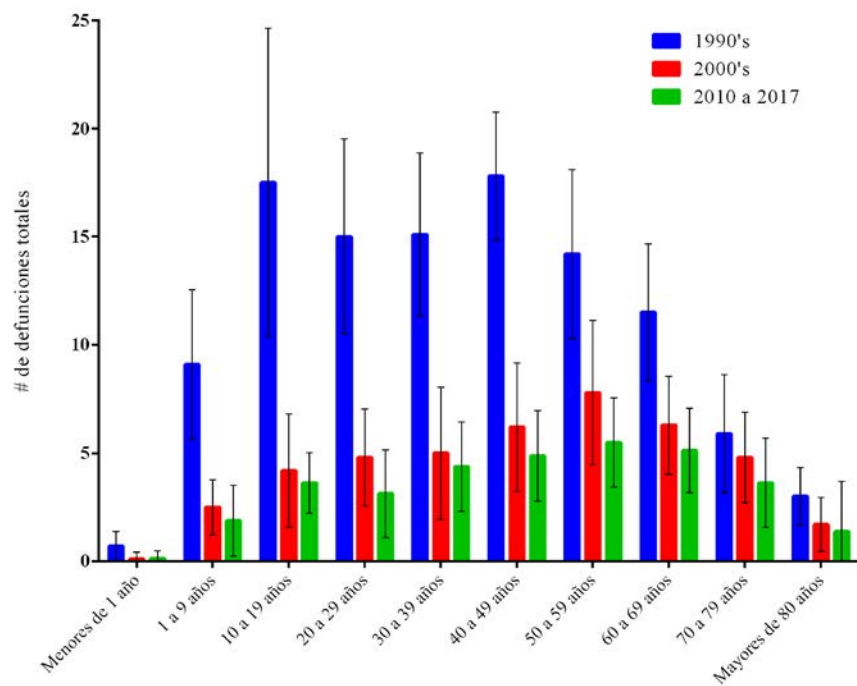
Respecto a la época del año en que ocurren estos accidentes, se ha observado que existe una mayor cantidad de casos en los meses de julio, agosto y octubre en la zona centro y norte del país y en los meses de agosto, septiembre y octubre en la zona norte (Chippaux, 2017). Esto se correlaciona con la época de lluvias en muchas regiones del país, y por tanto posiblemente con periodos de mayor actividad de muchas especies de serpientes.

Existen algunos reportes epidemiológicos locales, que proporcionan datos sobre las especies de importancia médica en nuestro país. Por ejemplo, Luna-Bauza et al. (2004), reportan que, en la zona de Córdoba, Veracruz, la mayor parte de los envenenamientos involucran víboras, la mayoría *Bothrops asper* con 68.9%. Sin embargo, no existen reportes de este tipo a nivel nacional y la especie involucrada en los envenenamientos generalmente se desconoce. A pesar de que en el reporte no se documenta la especie implicada en el accidente, cada vez es más frecuente que algunos médicos lleven sus registros internos e identifiquen a la especie. En los casos que hemos recibido muchos de los pacientes llegan con la serpiente (generalmente, muerta) o con fotografías de la serpiente lo cual nos permite hacer la correcta identificación. En nuestra experiencia, las especies que ocasionan mayor número de mordeduras en el país son: *Bothrops asper*, *Crotalus atrox*, *C. basiliscus*, *C. culminatus*, *C. tzabcan*, *C. mictlantecuhli*, *C. molossus* y sus subespecies, *C. simus*



**Figure 1.** Average annual incidence by state between 2003 and 2019. Error bars represent standard deviation.

**Figura 1.** Incidencia promedio anual por estado entre los años 2003 y 2019. Las barras de error representan desviación estándar.



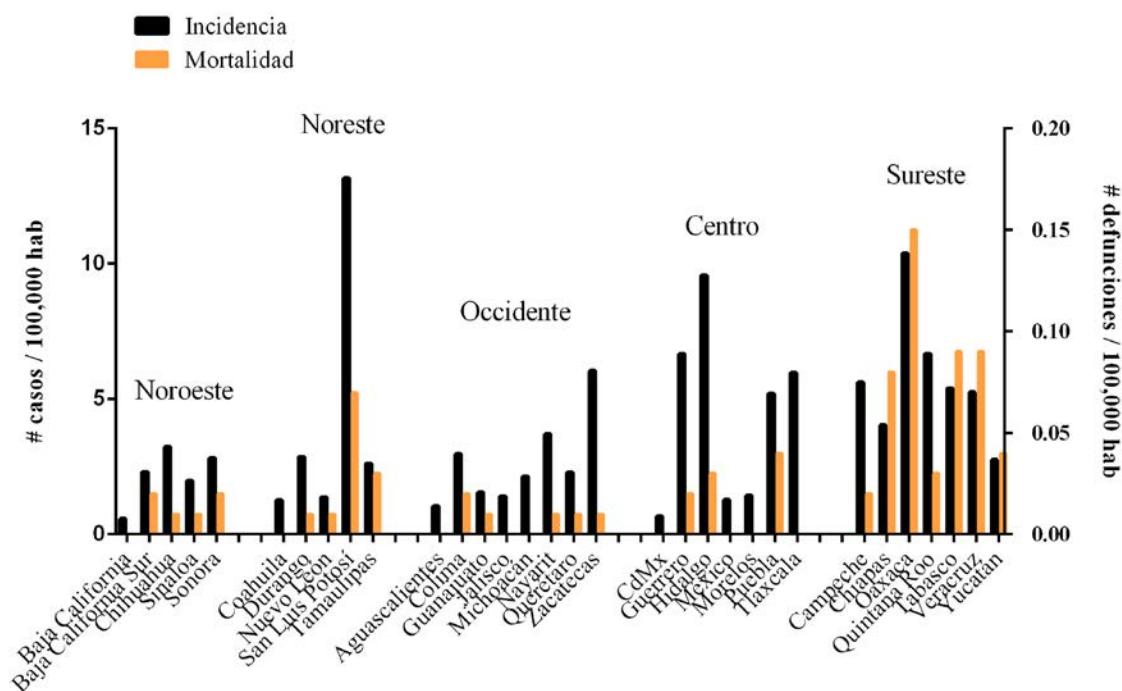
**Figure 2.** Annual average deaths by age group. **Figura 2.** Defunciones promedio anuales por grupo de edad.

y *Agkistrodon bilineatus*. Es importante enfatizar que los datos anteriores están basados en los casos clínicos que recibimos o de los que tenemos conocimiento directo.

La información de la mortalidad ocasionada por estos envenenamientos, la cual es recabada y publicada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), es más sólida que la previamente mencionada. Los datos aquí presentados consisten en defunciones registradas como “contacto traumático con serpiente o lagarto venenoso” (Código ICD10/12 X-201 a X-209) y “envenenamiento y reacciones tóxicas causadas por serpiente o lagarto venenosos” (Código ICD-9 9050). En la década de 1990, el número de defunciones promedio por año fue de 110.8, con una desviación estándar (DS) de 20. La mortalidad disminuyó significativamente durante la primera década del 2000, cuando se presentaron en promedio,  $DS = 43.8 \pm 12.1$  defunciones al año, y ha bajado en la segunda década (Promedio 2010 a 2017,  $DS = 34 \pm 6.6$  defunciones anuales). Es interesante notar que la disminución más drástica en la mortalidad se dio en niños (menores de 19 años) y adultos menores de 50 años, pero se mantuvo similar en adultos mayores de 50 años. No se observó una mortalidad mayor en un grupo de edad particular (Figura 2). Dado que la incidencia se ha mantenido relativamente estable desde el año 2003, puede suponerse que la disminución en mortalidad se debe a mejoras en la calidad y disponibilidad de

los tratamientos disponibles. La generalización del uso de los faboterápicos, que comenzó en el año 1997 (Alagón, 2002), es uno de los factores más importantes en este sentido.

La incidencia de mordeduras de serpiente en las distintas zonas del país, así como los desenlaces de estos envenenamientos, son afectados por una gran variedad de factores. Entre ellos se destacan factores socioeconómicos, que afectan directamente la calidad y disponibilidad de los tratamientos, así como factores biológicos como diversidad de especies y abundancia de serpientes presentes en una región. En la Figura 3 se muestra la tasa de incidencia y mortalidad por estado y por zona del país. De esta manera, puede observarse que la zona sureste del país es la de mayor riesgo en cuanto a incidencia y mortalidad. Históricamente se menciona que *Bothrops asper* ocasiona entre el 50 y 60% de los envenenamientos en el país, sin embargo, al analizar el promedio de la incidencia del 2003 al 2019 en los estados donde se distribuye (Campeche, Chiapas, Hidalgo, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán) (Campbell & Lamar, 2004) se demuestra que ocurren el 55% de los accidentes a nivel nacional, sin embargo, no todas las mordeduras son ocasionadas por *B. asper* (hasta la fecha no existen registros de las especies involucradas), sumado a esto, es importante mencionar que en los estados de Hidalgo, Querétaro, Puebla, San Luis Potosí



**Figure 3.** Incidence and mortality rate from snake bite. Annual average 2013 to 2018.

**Figura 3.** Tasa de incidencia y mortalidad por mordedura de serpiente. Promedio anual 2013 a 2018.

y Tamaulipas la distribución de *B. asper* es muy limitada, estos estados acumulan el 27.4% de los accidentes a nivel nacional, por lo que estimamos que las mordeduras ocasionadas por ésta nauyaca deben ser entre 20 y 30% de la incidencia nacional. Sin embargo, estas son estimaciones basadas en nuestra experiencia. Consideramos importante mencionarlo dado que son los únicos datos con los que se cuenta.

Los estados en la zona centro y occidente, por otro lado, presentan incidencias medias a altas, pero tasas de mortalidad mucho menores. Esta diferencia entre las zonas del país podría deberse a una gran cantidad de factores, entre los que podrían destacar: A) una mejor atención del accidente ofídico; B) disponibilidad de antiveneno; C) creencias que favorecen acudir con curanderos locales en algunas regiones; y D) especie de mayor abundancia (incluye el tipo de veneno); entre otros. Lo anterior refleja la importancia de realizar estudios epidemiológicos, etnoherpetológicos y culturales que permitan identificar zonas prioritarias para trabajar en cuanto al mejoramiento de acceso a sistemas de salud, la distribución de faboterápicos, divulgación de la importancia de las serpientes en los ecosistemas y mejoramiento de la cobertura de los antivenenos.

Finalmente, es importante mejorar los registros epidemiológicos que incluyan datos de la especie involucrada, grado del envenenamiento, número de viales de antiveneno aplicados y secuelas del envenenamiento. Sin información correcta y adecuada no se pueden mejorar los antivenenos ni el tratamiento adicional.

## CONCLUSIÓN

El estudio de los venenos de serpientes mexicanas es muy importante y está generando datos útiles para distintas áreas del conocimiento tanto en las áreas clínica, farmacéutica y biotecnológica, como en su biología (Fig. 4).

**Agradecimientos.**— Algunos proyectos realizados por nuestro grupo de venenos de serpientes ha sido parcialmente financiados por PAPIIT-DGAPA IN207218 y CONACyT-FORDECYT No. 303045 y No 1715618. Agradecemos a Vanessa Gómez Zarzosa por la ayuda en la realización de la tabla 1.

## LITERATURA CITADA

Aird, S.D., N. da Silva, L. Qiu, A. Villar-Briones, V. Saddi, M. Pires de Campos Telles, M., Grau & A. Mikheyev 2017. Coralsnake venomomics: Analyses of venom gland transcriptomes and proteomes of six Brazilian taxa. *Toxins* 9:2-64.

- Alagón, A. 2002. Anticuerpos seguros y eficaces: La revolución de los nuevos antivenenos. *Revista de la Universidad de México* 617.
- Barber, C.M., G.K. Isbister & W.C. Hodgson. 2013. Alpha neurotoxins. *Toxicon* 66: 47-58.
- Bénard-Valle, M., A. Carbajal-Saucedo, A. De Roodt, E. López-Vera & A. Alagón. 2014. Biochemical characterization of the venom of the coral snake *Micrurus tener* and comparative biological activities in the mouse and a reptile model. *Toxicon* 77:6-15
- Bénard-Valle, M., E. Neri-castro, N. Elizalde-Morales, A. Olvera-Rodríguez, J.L. Strickland, G. Acosta & A. Alagón. n.d. Protein composition and biochemical characterization of venom from Sonoran Coral Snakes (*Micruroides euryxanthus*). En revisión.
- Bénard-Valle, M., E.E. Neri-Castro, M.F. Yañez-Mendoza, B. Lomonte, A. Olvera, F. Zamudio, R. Restano-Cassulini, L.D. Possani, E. Jiménez-Ferrer & A. Alagón. 2020. Functional, proteomic and transcriptomic characterization of the venom from *Micrurus browni browni*: Identification of the first lethal multimeric neurotoxin in coral snake venom. *Journal of Proteomics* 225:103863
- Borja, M., G. Castañeda, J. Espinosa, E. Neri-Castro, A. Carbajal, H. Clement, O. García, & A. Alagón. 2014. Mojave Rattlesnake (*Crotalus scutulatus scutulatus*) with Type B Venom from Mexico. *Copeia* 2014:7-13.
- Borja, M., E. Neri-Castro, G. Castañeda-Gaytán, J.L. Strickland, C.L. Parkinson, J. Castañeda-Gaytán, R. Ponce-López, B. Lomonte, A. Olvera-Rodríguez, A. Alagón & R. Pérez-Morales. 2018a. Biological and proteolytic variation in the venom of *Crotalus scutulatus scutulatus* from Mexico. *Toxins (Basel)* 10:1-19.
- Borja, M., E. Neri-Castro, R. Pérez-Morales, J. Strickland, R. Ponce-López, C. Parkinson, J. Espinosa-Fematt, J. Sáenz-Mata, E. Flores-Martínez, A. Alagón & G. Castañeda-Gaytán, G., 2018b. Ontogenetic Change in the Venom of Mexican Black-Tailed Rattlesnakes (*Crotalus molossus nigrescens*). *Toxins* 10, 501:1-27
- Braga, J.R.M., A.R.C. Jorge, A.D. Marinho, J.A. Silveira, F.A. Nogueira-Junior, M.B. Valle, A. Alagón, R.R.P.P.B. de Menezes, A.M.C. Martins, L.X. Feijão, H.S.A. Monteiro & R.J.B. Jorge, , 2020. Renal effects of venoms of Mexican coral snakes *Micrurus browni* and *Micrurus laticollaris*. *Toxicon* 181:45-52.
- Bucarety, F., E. Mello de Capitani, J.V. Ronan, C.K Rodrigues, M. Zannin, Jr. N.J. da Silva, L.L. Casais-E-Silva & S. Hyslop. 2016.

- Coral snake bites (*Micrurus* spp.) in Brazil: a review of literature reports. *Clinical Toxicology* 54: 222-234.
- Calvete, J.J., A. Pérez, B. Lomonte, E.E Sánchez & L. Sanz. 2012. Snake venomomics of *Crotalus tigris*: The minimalist toxin arsenal of the deadliest neartic rattlesnake venom. Evolutionary clues for generating a pan-specific antivenom against crotalid type II venoms. *Journal of Proteome Research* 11:1382-1390.
- Calvete, J.J., L. Sanz, Y. Angulo, B. Lomonte & J.M. Gutiérrez. 2009. Venoms, venomomics, antivenomics. *FEBS Letters* 583:1736-1743.
- Campbell, J.A. & W.W. Lamar. 2004. The venomous reptiles of the Western Hemisphere. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- Carbajal-Márquez, R.A., J.R. Cedeño-vázquez, A. Martínez-arce, E. Neri-Castro & S.C.M.-M. Rabet. 2020. Accessing cryptic diversity in Neotropical rattlesnakes (Serpentes: Viperidae: *Crotalus*) with the description of two new species. *Zootaxa* 4729:451-481.
- Carbajal-Saucedo, A., R.S. Floriano, C.A. Dal Belo, A. Olvera-Rodríguez, A. Alagón & L. Rodrigues-Simioni. 2013a. Neuromuscular activity of *Micrurus laticollaris* (Squamata: Elapidae) venom in Vitro. *Toxins (Basel)*. 63:59-370.
- Carbajal-Saucedo, A., E. López-Vera, M. Bénard-Valle, E.N. Smith, F. Zamudio, A.R. de Roodt & A. Olvera-Rodríguez. 2013b. Isolation, characterization, cloning and expression of an alpha-neurotoxin from the venom of the Mexican coral snake *Micrurus laticollaris* (Squamata: Elapidae). *Toxicon* 66:64-74.
- Carbajal, A., 2014. Caracterización biológica, bioquímica e inmunoquímica del veneno de *Micrurus laticollaris*: bases para el desarrollo del antiveneno de amplio espectro contra coralillos. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Castro, E.N., B. Lomonte, M. del Carmen Gutiérrez, A. Alagón & J.M. Gutiérrez. 2013. Intraspecific variation in the venom of the rattlesnake *Crotalus simus* from Mexico: Different expression of crotoxin results in highly variable toxicity in the venoms of three subspecies. *Journal of Proteomics* 87:103-121.
- Chen, Y.H., Y.M. Wang, M.J. Hseu & I.H. Tsai. 2004. Molecular evolution and structure-function relationships of crotoxin-like and asparagine-6-containing phospholipases A<sub>2</sub> in pit viper venoms. *Biochemical Journal* 381:25-34.
- Chippaux, J.P. 2017. Incidence and mortality due to snakebite in the Americas. *PLoS PLOS Neglected Tropical Diseases*. 11:e0005662.
- Chippaux, J.P., A. Massougbdji & A.G. Habib. 2019. The WHO strategy for prevention and control of snakebite envenoming: A sub-Saharan Africa plan. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*. 7:e837
- De Roodt, A.R., N.R. Lago & R.P. Stock. 2012. Myotoxicity and nephrotoxicity by *Micrurus* venoms in experimental envenomation. *Toxicon* 59:356-364.
- Deshwal, A., P. Phan, R. Kannan & S.K. Thallapuranam. 2020. Patterns in Protein Components Present in Rattlesnake Venom : A Meta-Analysis 17-22.
- Dowell, N.L., M.W. Giorgianni, S. Griffin, V.A. Kassner, J.E. Selegue, E.E Sanchez & S.B. Carroll. 2018. Extremely Divergent Haplotypes in Two Toxin Gene Complexes Encode Alternative Venom Types within Rattlesnake Species. *Current Biology* 28: 1016-1026.e4.
- Dowell, N.L., M.W. Giorgianni, V.A. Kassner, J.E. Selegue, E.E. Sanchez & S.B. Carroll. 2016. The Deep Origin and Recent Loss of Venom Toxin Genes in Rattlesnakes. *Current Biology* 26:2434-2445.
- Durban, J., A. Pérez, L. Sanz, A. Gómez, F. Bonilla, S. Rodríguez, D. Chacón, M. Sasa, Y. Angulo, J.M. Gutiérrez & J.J. Calvete. 2013. Integrated "omics" profiling indicates that miRNAs are modulators of the ontogenetic venom composition shift in the Central American rattlesnake, *Crotalus simus simus*. *BMC Genomics* 14:1-17.
- Durban, J., L. Sanz, D. Trevisan-Silva, E. Neri-Castro, A. Alagón & 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.
- Faure, G. & C. Bon. 1988. Crotoxin, a phospholipase A<sub>2</sub> neurotoxin from the South American rattlesnake *Crotalus durissus terrificus*: purification of several isoforms and comparison of their molecular structure and of their biological activities. *Biochemistry* 27:730-738.
- Faure, G., A.L Harvey, E. Thomson, B. Saliou, F. Radvanyi & C. Bon. 1993. Comparison of crotoxin isoforms reveals that stability of

- the complex plays a major role in its pharmacological action. *European Journal of Biochemistry*. 214:491-496.
- Faure, G., B. Saliou, C. Bon, J.L. Guillaume & L. Camoin. 1991. Multiplicity of Acidic Subunit Isoforms of Crotoxin, the Phospholipase A<sub>2</sub> Neurotoxin from *Crotalus durissus terrificus* Venom, Results from Posttranslational Modifications. *Biochemistry* 30:8074-8083.
- Fernández, J., B. Lomonte, L. Sanz, Y. Angulo, J.M. Gutiérrez & J.J. Calvete. 2010. Snake venomomics of bothriechis nigroviridis reveals extreme variability among palm pitviper venoms: Different evolutionary solutions for the same trophic purpose. *Journal of Proteome Research*. 9:4234-4241.
- Fernández, J., N. Vargas-Vargas, D. Pla, M. Sasa, P. Rey-Suárez, L. Sanz, J.M. Gutiérrez, J.J. Calvete & B. Lomonte. 2015. Snake venomomics of *Micrurus alleni* and *Micrurus mosquitensis* from the Caribbean region of Costa Rica reveals two divergent compositional patterns in New World elapids. *Toxicon* 107:217-233.
- Fox, J.W. & S.M.T. Serrano. 2008. Insights into and speculations about snake venom metalloproteinase (SVMP) synthesis, folding and disulfide bond formation and their contribution to venom complexity. *FEBS Journal*. 275:3016-3030.
- García-Osorio, B., B. Lomonte, M. Bénard-Valle, J. López de León, L. Román-Domínguez, N. Mejía-Domínguez, F. Lara-Hernández, A. Alagón & E. Neri-Castro. 2020. Ontogenetic changes in the venom of *Metlapilcoatlus nummifer*, the mexican jumping viper. *Toxicon* 184:204-214.
- Ghazaryan, N.A., L. Ghulikyan, A. Kishmiryan, T.V. Andreeva, Y.N. Utkin, V.I. Tsetlin, B. Lomonte & N.M. Ayvazyan. 2015. Phospholipases A<sub>2</sub> from Viperidae snakes: Differences in membranotropic activity between enzymatically active toxin and its inactive isoforms. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Biomembranes*. 1848:463-468.
- Glenn, J.L. & R.C. Straight. 1989. Intergradation of two different venom populations of the Mojave rattlesnake (*Crotalus scutulatus*) in Arizona. *Toxicon* 27:411-418.
- Gren, E.C.K., W. Kelln, C. Person, J.G. McCabe, R. Kornhauser, A.J. Hart, K. Erbas-White, L.R. Pompe & W.K. Hayes. 2017. Geographic Variation of Venom Composition and Neurotoxicity in the Rattlesnakes *Crotalus oreganus* and *C. helleri*: Assessing the Potential Roles of Selection and Neutral Evolutionary Processes in Shaping Venom Variation. Pp. 228-252. *The Biology of Rattlesnakes II*.
- Guerrero-Garzón, J.F., M. Bénard-Valle, R. Restano-Cassulini, F. Zamudio, G. Corzo, A. Alagón, A. Olvera-Rodríguez. 2018. Cloning and sequencing of three-finger toxins from the venom glands of four *Micrurus* species from Mexico and heterologous expression of an alpha-neurotoxin from *Micrurus diastema*. *Biochimie* 147:114-121.
- Gutiérrez, J.M. 2002. Comprendiendo los venenos de serpientes: 50 años de investigaciones en America Latina. *Revista de Biología Tropical*. 50:377-394.
- Gutiérrez, J.M., T. Escalante, A. Rucavado & C. Herrera. 2016a. Hemorrhage caused by snake venom metalloproteinases: A journey of discovery and understanding. *Toxins (Basel)* 8,93:1-19
- Gutiérrez, J.M., T. Escalante, A. Rucavado, C. Herrera & J.W. Fox. 2016b. A comprehensive view of the structural and functional alterations of extracellular matrix by snake venom metalloproteinases (SVMPs): Novel perspectives on the pathophysiology of envenoming. *Toxins (Basel)*. 8.
- Gutiérrez, J.M. & A. Rucavado. 2000. Snake venom metalloproteinases: Their role in the pathogenesis of local tissue damage. *Biochimie* 82:841-850.
- Gutiérrez, J.M., A. Rucavado, T. Escalante & C. Díaz. 2005. Hemorrhage induced by snake venom metalloproteinases: Biochemical and biophysical mechanisms involved in microvessel damage. *Toxicon* 45:997-1011.
- Gutiérrez, J.M., D. Williams, H.W. Fan & D.A. Warrell. 2010. Snakebite envenoming from a global perspective: Towards an integrated approach. *Toxicon* 56:1223-1235.
- Harris, J.B. & T. Scott-Davey. 2013. Secreted phospholipases A<sub>2</sub> of snake venoms: Effects on the peripheral neuromuscular system with comments on the role of phospholipases A<sub>2</sub> in disorders of the CNS and their uses in industry. *Toxins (Basel)*. 5:2533-2571.
- Herrera, C., T. Escalante, M.B. Voisin, A. Rucavado, D. Morazán, J.K.A. Macêdo, J.J. Calvete, L. Sanz, S. Nourshargh, J.M. Gutiérrez & J.W. Fox. 2015. Tissue Localization and Extracellular Matrix Degradation by PI, PII and PIII Snake Venom Metalloproteinases: Clues on the Mechanisms of Venom-Induced Hemorrhage. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 9:1-20.

- Hill, R.E. & S.P. Mackessy. 2000. Characterization of venom (Duvernoy's secretion) from twelve species of colubrid snakes and partial sequence of four venom proteins. *Toxicon* 38:1663-1687.
- Jadin, R.C., E.N. Smith & J.A. Campbell. 2011. Unravelling a tangle of Mexican serpents: a systematic revision of highland pitvipers. *Zoological Journal of the Linnean Society* 163:943-958.
- Juckett, G. & J.G. Hancox. 2002. Venomous Snakebites in the United States: Management Review and Update. *American Family Physician* 65:1367-1374.
- Kini, R.M. 2003. Excitement ahead: structure, function and mechanism of snake venom phospholipase A2 enzymes. *Toxicon* 42:827-40.
- Kini, R.M. & Evans, H.J. 1992. Structural domains in venom proteins: Evidence that metalloproteinases and nonenzymatic platelet aggregation inhibitors (disintegrins) from snake venoms are derived by proteolysis from a common precursor. *Toxicon* 30:265-293.
- Kini, R.M., H.J. Evans. 1989. A model to explain the pharmacological effects of snake venom phospholipases A2. *Toxicon* 27:613-635.
- Kini, R.M. & H.J. Evans. 1987. Structure-function relationships of phospholipases. The anticoagulant region of phospholipases A2. *Journal of Biological Chemistry* 262: 14402-14407.
- Lawson, R., J.B. Slowinski, B.I. Crother & F.T. Burbrink. 2005. Phylogeny of the Colubroidea (Serpentes): New evidence from mitochondrial and nuclear genes. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 37:581-601.
- Lomonte, B., Y. Angulo & L. Calderón. 2003. An overview of lysine-49 phospholipase A2 myotoxins from crotalid snake venoms and their structural determinants of myotoxic action. *Toxicon* 42:885-901.
- Lomonte, B. & J. Gutiérrez. 1989. A new muscle damaging toxin, myotoxin II, from the venom of the snake *Bothrops asper* (terciopelo). *Toxicon* 27:725-733.
- Lomonte, B., D. Mora-Obando, J. Fernández, L. Sanz, D. Pla, J. María Gutiérrez & J.J. Calvete. 2015a. First crotoxin-like phospholipase A2 complex from a New World non-rattlesnake species: Nigroviriditoxin, from the arboreal Neotropical snake *Bothriechis nigroviridis*. *Toxicon* 93:144-154.
- Lomonte, B., D. Pla, M. Sasa, W.C. Tsai, A. Solórzano, J.M. Ureña-Díaz, M.L. Fernández-Montes, D. Mora-Obando, L. Sanz, J.M. Gutiérrez, J.J. Calvete. 2014. Two color morphs of the pelagic yellow-bellied sea snake, *Pelamis platura*, from different locations of Costa Rica: Snake venomomics, toxicity, and neutralization by antivenom. *Journal of Proteomics* 103:137-152.
- Lomonte, B. & J. Rangel. 2012. Snake venom Lys49 myotoxins: From phospholipases A2 to non-enzymatic membrane disruptors. *Toxicon* 60:520-530.
- Lomonte, B., P. Rey-Suárez, J. Fernández, M. Sasa, D. Pla, N. Vargas, M. Bénard-Valle, L. Sanz, C. Corrêa-Netto, V. Núñez, A. Alape-Girón, A. Alagón, J.M. Gutiérrez & J.J. Calvete. 2016. Venoms of *Micrurus* coral snakes: Evolutionary trends in compositional patterns emerging from proteomic analyses. *Toxicon* 122:7-25.
- Lomonte, B., W.C. Tsai, F. Bonilla, A. Solórzano, G. Solano, Y. Angulo, J.M. Gutiérrez & J.J. Calvete. 2012. Snake venomomics and toxicological profiling of the arboreal pitviper *Bothriechis supraciliaris* from Costa Rica. *Toxicon* 59:592-599.
- Luna-Bauza M., E., G. Martínez-Ponce & A. C. S. Hernández. 2004. Mordeduras por serpiente. Panorama epidemiológico de la zona de Córdoba, Veracruz. *Revista de la Facultad de Medicina UNAM*. 47:149-153.
- Mackessy S.P., J. Leroy, E. Mociño-Deloya, K. Setser, R. Bryson & A. Saviola. 2018a. Venom Ontogeny in the Mexican Lance-Headed Rattlesnake (*Crotalus polystictus*). *Toxins (Basel)*. 10, 271:1-19.
- Mackessy, S.P., 2008. Venom composition in rattlesnakes: Trends and biological significance. Pp. 495-510. In: W. K. Hayes, K. R. Beaman, M. D. Cardwell, and S.P.B. (Ed.), *The Biology of Rattlesnakes*. Loma Linda, California.
- Mackessy, S.P., 2002. Biochemistry and Pharmacology of Colubrid Snake Venoms. *J. Journal of Toxicology Toxin Reviews* 21:43-83.
- Massey, D.J., J.J. Calvete, E.E. Sánchez, L. Sanz, K. Richards, R. Curtis & K. Boesen. 2012. Venom variability and envenoming severity outcomes of the *Crotalus scutulatus scutulatus* (Mojave rattlesnake) from Southern Arizona. *Journal of Proteomics* 75: 2576-2587.
- Matsui, T., Y. Fujimura, K. Titani. 2000. Snake venom proteases affecting hemostasis and thrombosis. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Protein Structure and Molecular Enzymology* 1477:146-156.

- Montecucco, C., J.M. Gutiérrez & B. Lomonte. 2008. Cellular pathology induced by snake venom phospholipase A2 myotoxins and neurotoxins: Common aspects of their mechanisms of action. *Cellular and Molecular Life Sciences* 65:2897-2912.
- Neri-Castro, E., A. Hernández-Dávila, A. Olvera-Rodríguez, H. Cardoso-Torres, M. Bénard-Valle, E. Bastiaans, O. López-Gutiérrez & A. Alagón. 2019a. Detection and quantification of a  $\beta$ -neurotoxin (crotoxin homologs) in the venom of the rattlesnakes *Crotalus simus*, *C. culminatus* and *C. tzabcan* from Mexico. *Toxicon* X 2:100007.
- Neri-Castro, E., B. Lomonte, M. Valdés, R. Ponce-López, M. Bénard-Valle, M. Borja, J.L. Strickland, J.M. Jones, C. Grünwald, F. Zamudio & A. Alagón. 2019b. Venom characterization of the three species of *Ophryacus* and proteomic profiling of *O. sphenophrys* unveils Sphenotoxin, a novel Crotoxin-like heterodimeric  $\beta$ -neurotoxin. *Journal of Proteomics* 192:196-207.
- Neri-Castro, E., L. Sanz, A. Olvera-Rodríguez, M. Bénard-Valle, A. Alagón & J.J. Calvete. 2020. Venomics and biochemical analysis of the black-tailed horned pitviper, *Mixcoatlus melanurus*, and characterization of Melanurutoxin, a novel crotoxin homolog. *Journal of Proteomics* 225:103865.
- Nirthanan, S. & M.C.E. Gwee. 2004. Three-finger alpha-neurotoxins and the nicotinic acetylcholine receptor, forty years on. *Journal of Pharmacological Sciences*. 94:1-17.
- Pozas-Ocampo, I.F., A. Carbajal-Saucedo, A.B. Gatica-Colima, A. Cordero-Tapia & G. Arnaud-Franco. 2020. Toxicological comparison of *Crotalus ruber lucasensis* venom from different ecoregions of the Baja California Peninsula. *Toxicon* 187:111-115.
- Reyes-Velasco, J., R.H. Adams, S. Boissinot, C.L. Parkinson, J.A. Campbell, T.A. Castoe, E.N. Smith. 2020. Genome-wide SNPs clarify lineage diversity confused by coloration in coral snakes of the *Micrurus diastema* species complex (Serpentes: Elapidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 147:106770.
- Rivas-Mercado, E., E. Neri-Castro, M. Bénard-Valle, A.I. Hernández-Dávila, F. Zamudio & A. Alagón. 2017. General characterization of the venoms from two species of rattlesnakes and an intergrade population (*C. lepidus* x *aquilus*) from Aguascalientes and Zacatecas, Mexico. *Toxicon* 138:191-195.
- Rivas-Mercado, E., E. Neri-Castro, M. Bénard-Valle, A. Rucavado-Romero, A. Olvera Rodríguez, F. Zamudio Zúñiga, A. Alagón & L. Garza Ocañas. 2020. Disintegrins extracted from totonacan rattlesnake (*Crotalus totonacus*) venom and their anti-adhesive and anti-migration effects on MDA-MB-231 and HMEC-1 cells. *Toxicology in Vitro* 65:104809.
- Rokyta, D.R., K.P. Wray, J.J. McGivern & M.J. Margres. 2015. The transcriptomic and proteomic basis for the evolution of a novel venom phenotype within the Timber Rattlesnake (*Crotalus horridus*). *Toxicon* 98:34-48.
- Roldán-Padrón, O., J. Castro-Guillén, J. García-Arredondo, M. Cruz-Pérez, L. Díaz-Peña, C. Saldaña, A. Blanco-Labra & T. García-Gasca. 2019. Snake Venom Hemotoxic Enzymes : Biochemical Comparison between *Crotalus* Species from Central Mexico. *Molecules* 24:1-16.
- Román-Domínguez, L., E. Neri-Castro, H. Vázquez López, B. García-Osorio, I.G. Archundia, J.A. Ortiz-Medina, V.L. Petricevich, A. Alagón & M. Bénard-Valle. 2019. Biochemical and immunochemical characterization of venoms from snakes of the genus *Agkistrodon*. *Toxicon* X 4:100013.
- Roze, J.A. 1996. Coral Snakes of the Americas Biology Identification and Venoms. Krieger Publishing Company, Malabar, USA.
- Russell, F.E., 1967. Bites by the sonoran coral snake *Micruroides euryxanthus*, *Toxicon*. Persamon Press Ltd.
- Sánchez, M., G. Solano, M. Vargas, F. Reta-Mares, E. Neri-Castro, A. Alagón, A. Sánchez, M. Villalta, G. León, Á. Segura. 2020. *Toxicon* Toxicological profile of medically relevant *Crotalus* species from Mexico and their neutralization by a *Crotalus basiliscus* / *Bothrops asper* antivenom. *Toxicon* 179:92-100.
- Saviola, A.J., C.M. Modahl & S.P. Mackessy. 2015. Disintegrins of *Crotalus simus tzabcan* venom: Isolation, characterization and evaluation of the cytotoxic and anti-adhesion activities of tzabcanin, a new RGD disintegrin. *Biochimie* 116:92-102.
- Segura, Á., M. Herrera, F. Reta Mares, C. Jaime, A. Sánchez, M. Vargas, M. Villalta, A. Gómez, J.M. Gutiérrez & G. León. 2017. Proteomic, toxicological and immunogenic characterization of Mexican west-coast rattlesnake (*Crotalus basiliscus*) venom and its immunological relatedness with the venom of Central American rattlesnake (*Crotalus simus*). *Journal of Proteomics* 158:62-72.
- Serrano, S.M.T., 2013. The long road of research on snake venom serine proteinases. *Toxicon* 62:19-26.

- SINAVE, 2019. Boletín Epidemiológico. Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica. 2003 a 2019.
- Strickland, J.L., A.J. Mason, D.R. Rokytka & C.L. Parkinson. 2018. Phenotypic variation in Mojave Rattlesnake (*Crotalus scutulatus*) venom is driven by four toxin families. *Toxins (Basel)*. 10,4:1-23.
- Sunagar, K., E.A.B. Undheim, H. Scheib, E.C.K. Gren, C. Cochran, C.E. Person, I. Koludarov, W. Kelln, W.K. Hayes, G.F. King, A. Antunes & B.G. Fry. 2014. Intraspecific venom variation in the medically significant Southern Pacific Rattlesnake (*Crotalus oreganus helleri*): Biodiscovery, clinical and evolutionary implications. *Journal of Proteomics* 99:68-83.
- Tasoulis, T. & G.K. Isbister. 2017. A Review and Database of Snake Venom Proteomes. *Toxins (Basel)*. 9.
- Teixeira, C.F.P., E.C.T. Landucci, E. Antunes, M. Chacur & Y. Cury. 2003. Inflammatory effects of snake venom myotoxic phospholipases A2. *Toxicon* 42:947-962.
- Terra, R.M.S., A.F.M. Pinto, J.A. Guimarães & J.W. Fox. 2009. Proteomic profiling of snake venom metalloproteinases (SVMPs): Insights into venom induced pathology. *Toxicon* 54:836-844.
- Tu, A.T., T.S. Lin & A.L. Bieber,. 1975. Purification and chemical characterization of the major neurotoxin from the venom of *Pelamis platurus*. *Biochemistry* 14:3408-3413.
- Uetz, P. & J. Hosek (Eds.). 2020. The Reptile Database. <http://www.reptile-database.org>, [Consultado en Septiembre 2020].
- Urdaneta, A.H., F. Bolaños & J.M. Gutiérrez. 2004. Feeding behavior and venom toxicity of coral snake *Micrurus nigrocinctus* (Serpentes: Elapidae) on its natural prey in captivity. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part B: Biochemistry & Molecular Biology C* 138:485-492.
- Vélez, S.M., M. Salazar, H. Acosta de Patiño, L. Gómez, A. Rodríguez, D. Correa, J. Saldaña, D. Navarro, B. Lomonte, R. Otero-Patiño & J.M. Gutiérrez. 2017. Geographical variability of the venoms of four populations of *Bothrops asper* from Panama: Toxicological analysis and neutralization by a polyvalent antivenom. *Toxicon* 132:55-61.
- Wu, C.H., H. Huang, L.S.L. Yeh & W.C. Barker. 2003. Protein family classification and functional annotation. *Computational Biology and Chemistry* 27:37-47.
- Xiao, H., H. Pan, K. Liao, M. Yang & C. Huang. 2017. Snake Venom PLA2, a Promising Target for Broad-Spectrum Antivenom Drug Development. *BioMed Research International* 2017.
- 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* 14,5:e0216148.
- Zancolli, G. & N.R. Casewell. 2020. Venom Systems as Models for Studying the Origin and Regulation of Evolutionary Novelty. *Molecular Biology and Evolution* 37:2777-2790.
- Zavala, J.T., J. Gerardo, D. Sánchez, J. Trinidad, S. Vega, D.R. Sánchez, L. Castillo. 2002. Serpientes y reptiles de importancia médica en México. *Revista de la Facultad de Medicina UNAM*. 45:212-219.



Figure 4. *Crotalus culminatus*, Morelos, México. Photo: Edgar Neri.

Figura 4. *Crotalus culminatus*, Morelos, México. Foto: Edgar Neri.



# ESTADO POBLACIONAL Y DISTRIBUCIÓN DEL COCODRILO DE PANTANO (*CROCODYLUS MORELETII*) EN REGIONES PRIORITARIAS DE PETÉN, GUATEMALA

## POPULATION STATUS AND DISTRIBUTION OF MORELET'S CROCODILE (*CROCODYLUS MORELETII*) IN PRIORITARY REGIONS OF PETEN, GUATEMALA

VALERIE ANDREA CORADO GARCÍA<sup>1\*</sup>, JOSÉ OCTAVIO CAJAS CASTILLO<sup>2</sup> & JAVIER ARTURO BENÍTEZ-MORENO<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Valle de Guatemala, 18av. 11-95 Z.15, V.H.III, Guatemala. 01015.

<sup>2</sup>Taxa, 45 Av. "A", 4-09 col. Tesoro BANVI, Z.2 de Mixco, Guatemala.

<sup>3</sup>El Colegio de la Frontera Sur, Av. Centenario Km 5.5, 77014 Chetumal, Quintana Roo, México.

<sup>4</sup>Cocodrilos de México, Matamoros y Bravo #89, 95870 Catemaco, Veracruz, México.

\*Correspondence: valeriegarcia@gmail.com

**Abstract.**— The main purpose of the study was to provide information about the populations of *Crocodylus moreletii* in the Petén Department, Guatemala. The samplings were carried out during the rainy season of 2013 in 10 water bodies, categorized into open aquatic systems (rivers) and closed aquatic systems (lakes and lagoons). A total of 301 individuals were sighted, with an average Encounter Rate (ER) of 1.11 crocodiles/km in open aquatic systems and 0.7 crocodiles/km in closed aquatic systems. However, the ER of *C. moreletii* in Guatemala is low in comparison to Mexico and Belize, likely because of strong anthropogenic threats. Therefore, continuous monitoring of wild populations is recommended, as well as a community outreach program with human populations in the area to promote the conservation of the species as well as coexistence between crocodiles and communities.

**Keywords.**— Closed aquatic systems, crocodile conservation, encounter rate, open aquatic systems.

**Resumen.**— El objetivo del presente estudio fue brindar información sobre las poblaciones de *Crocodylus moreletii* en el departamento de Petén, Guatemala. Los muestreos se realizaron durante la época lluviosa del año 2013 en 10 cuerpos de agua, categorizados en sistemas acuáticos abiertos (ríos) y sistemas acuáticos cerrados (lagos y lagunas). Se avistaron un total de 301 individuos, con una Tasa de Encuentro promedio (TE) de 1.11 cocodrilos/km en sistemas acuáticos abiertos y 0.7 cocodrilos/km en sistemas acuáticos cerrados. Sin embargo, las TE de *C. moreletii* en Guatemala son bajas en comparación con las de México y Belice, probablemente como consecuencia de las fuertes amenazas antropogénicas. Por esto se recomienda un monitoreo continuo de las poblaciones silvestres, así como un programa de trabajo comunitario con las poblaciones humanas de la zona, con el propósito de promover la conservación de la especie desde la correcta coexistencia entre cocodrilos y humanos.

**Palabras clave.**— Conservación de cocodrilos, sistemas acuáticos abiertos, sistemas acuáticos cerrados, tasa de encuentro.

## INTRODUCCIÓN

El cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*) es una especie cuyo ámbito de distribución se extiende desde Tamaulipas y el Golfo de México hasta la parte norte de Guatemala y Belice (Ross, 1987). En Guatemala, su ámbito se restringe específicamente en

los departamentos de Petén, Izabal, Baja y Alta Verapaz (Köhler, 2003; Sánchez et al., 2011).

Los cocodrilos son considerados una especie clave en su ecosistema, al modificar la estructura y dinámica de su entorno, mediante la formación de pequeñas pozas y excavación de

túneles o agujeros que sirven para almacenar agua dulce, influyendo en la composición vegetal promoviendo una mayor diversidad durante la época de sequía (Sánchez et al., 2011; Palmer & Mazzotti, 2004). Además, es depredador clave en la regulación de la abundancia y comportamiento de depredadores de orden inferior, incluso pueden ser buenos indicadores de pesca (Somaweera et al., 2020). La importancia del cocodrilo radica también en la perspectiva antropológica, por formar parte de la cosmovisión de diversos grupos mayas, al ser tomado como un ser divino de alta jerarquía, encontrándose en tres niveles del cosmos: la tierra, el cielo y el inframundo (Arias, 2007). Este pensamiento resultó de la relación del cocodrilo con los espacios que lo rodean (e.g. cuevas, ríos, pantanos y lagunas) categorizándolo como un animal divino, incluso los mayas tenían la creencia que los “chillidos” de las crías anunciaban las lluvias (Arias, 2007).

En Guatemala, durante los años sesenta y setentas era común ver ejemplares de *C. moreletii* en la mayoría de los cuerpos de agua en Petén, como: el lago Petén Itzá, laguneta Petenchel y laguna Yaxhá; sin embargo, estas poblaciones silvestres han disminuido a causa de las grandes migraciones humanas (Campbell, 1998). Posteriormente, Lara (1990) estimó la estructura y tamaño poblacional de *C. moreletii* del lago Petén Itzá y las lagunas Petenchel, Sal Petén y Yaxhá, reportando densidades de 1.95 cocodrilos/km, 3.9 cocodrilos/km, 2.6 cocodrilos/km y 1.94 cocodrilos/km respectivamente, con una estructura etaria conformada principalmente por subadultos, seguido de juveniles y adultos.

Castañeda (1998) estimó la densidad poblacional en el río Sacluc y San Pedro en época de secas, encontrando 4.35 cocodrilos/km y 2.10 cocodrilos/km respectivamente. También, reportó en el río Sacluc que los adultos estaban mayormente asociados a la vegetación riparia, mientras que juveniles y subadultos se asociaban a zonas con menor cobertura vegetal, a diferencia de lo que encontró en el río San Pedro, donde los juveniles se asociaban más a vegetación riparia y subadultos y adultos a zonas con menor cobertura vegetal. Finalmente, Castañeda et al. (2000) estimaron la densidad poblacional en los ríos San Pedro, Sacluc, Escondido, las lagunas Flor de Luna, Vista Hermosa, El Tintal, La Pista, Guayacán, laguneta El Perú y aguadas a orilla de la carretera Xan-Flor de Luna ubicadas en Petén, registrando una densidad promedio de todos los sitios de 4.3 cocodrilos/km en 87 km recorridos. Además, los cocodrilos adultos presentaban mayor abundancia en vegetación riparia y carrizal, mientras que las crías y juveniles se asociaban más a vegetación de tipo carrizal.

Los estudios sobre la abundancia poblacional y estructura etaria de los crocodilianos son clave para conocer sitios prioritarios para su conservación, el uso específico del hábitat para reproducción y anidación, e identificar potenciales amenazas para la especie (Read et al., 2004; Aguilar-Olguín et al., 2020). Este tipo de información permite tomar decisiones en cuanto al manejo sostenible de la especie y el desarrollo de programas de conservación para mitigar las interacciones negativas entre cocodrilos-humanos (Tellez et al., 2016).

En este estudio se presenta información sobre la abundancia relativa de las poblaciones silvestres de *Crocodylus moreletii*, y su asociación entre la estructura etaria y la vegetación en los distintos cuerpos de agua del departamento de Petén, Guatemala.

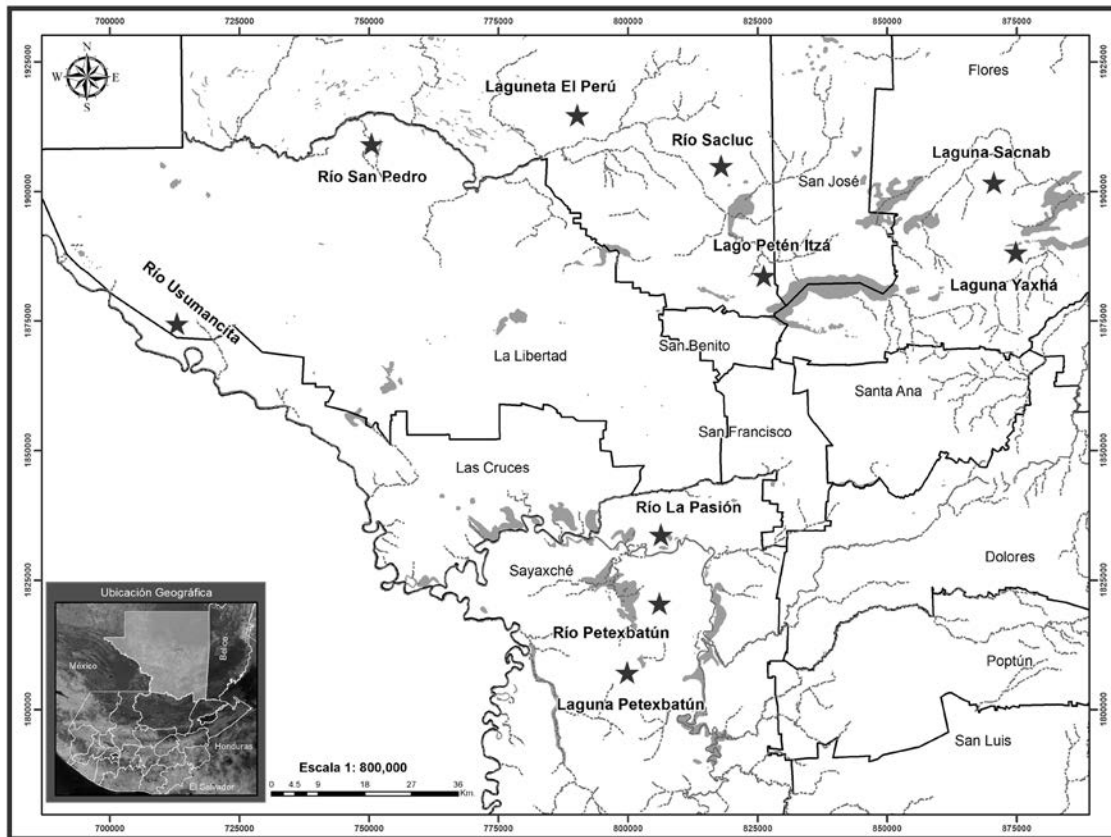
## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción de los sitios de muestreo

El estudio se llevó a cabo en distintos cuerpos de agua en Petén, Guatemala. Los sitios fueron seleccionados en función de las áreas priorizadas por Sánchez et al., 2011: a) río San Pedro-Laguna del Tigre: río San Pedro (RSP), río Sacluc (RS) y laguneta El Perú (LP); b) río Usumacinta (RU); c) río La Pasión-Petexbatún: río La Pasión (RLP), río Petexbatún y laguna Petexbatún (RyLP); y d) la laguna Zona Central de Petén: lago Petén Itzá (LPI), laguna Yaxhá (LY) y laguna Sacnab (LS). Los cuerpos de agua monitoreados se clasificaron en sistemas acuáticos abiertos (ríos) y sistemas acuáticos cerrados (lagunas) (Fig. 1).

De los diez sitios seleccionados para esta investigación, ocho se encuentran dentro de la Reserva de la Biosfera Maya (RBM), y los otros dos al suroeste de Petén, área que no cuenta con planes de conservación. La RBM posee una extensión de 2,090,667 ha, con clima tropical cálido-húmedo y una temperatura promedio que oscila entre 20°C para la mínima y 33°C para la máxima (CONAP, 2015).

La Reserva está conformada por tres zonas principales: Zona de Amortiguamiento (cubre el 23% de la reserva), Zona de Usos Múltiples (38% cubre de la reserva) y Zona Núcleo (cubre el 39% de la reserva). Dentro de las comunidades vegetales relevantes que posee la RBM, se encuentran el bosque ripario y un remanente de manglar (*Rhizophora mangle*); siendo de suma importancia en la conservación, debido a la diversidad de flora y fauna que alberga, especialmente dentro del Parque Nacional Laguna del Tigre (PNLT) (CONAP, 2015).



**Figure 1.** Sampling sites for *Crocodylus moreletii* in Petén, Guatemala (black stars).

**Figura 1.** Sitios de muestreo para *Crocodylus moreletii* en Petén, Guatemala (estrellas negras).

El río La Pasión y río-laguna Petexbatún se encuentran dentro del municipio de Sayaxché, al suroeste del departamento de Petén. Estos cuerpos acuáticos se localizan fuera de la RBM, lo que ha condicionado la protección de los recursos naturales del área; dentro de las principales actividades pecuarias se encuentran la agricultura de corte y quema, fincas de ganado, tala, plantaciones de palma, entre otras, que pueden estar generando un alto impacto en la dinámica natural de la zona. El recurso hídrico de ambos ríos está siendo altamente contaminado por hidrocarburos y aguas residuales, las cuales no cuentan con un sistema de tratamiento (CONAP, 2008).

### Características del muestreo

Los sitios de estudio fueron visitados una vez durante la época de lluvias entre julio y octubre de 2013. Los monitoreos se realizaron a bordo de una lancha de fibra de vidrio de 7.3 m de longitud y con un motor de 70 caballos de fuerza, a una velocidad constante de 5 km/h (Sánchez et al., 2011). La distancia total recorrida en

los sistemas acuáticos abiertos y cerrados fue de 220.86 km y 171.69 km, respectivamente.

La caracterización del tipo de vegetación y la clasificación de las estructuras etarias se establecieron de acuerdo con el Manual Trinacional de Monitoreo del Cocodrilo de Pantano (Sánchez et al., 2011) para estandarizar la toma de datos a nivel regional entre México, Belice y Guatemala. De esta manera, la vegetación marginal de los cuerpos de agua se categorizó en: carrizal, hábitat boscoso, pastizal, tular, lirial y nenufaral (Sánchez et al., 2011). Para estimar la abundancia relativa se empleó el método de Detección Visual Nocturna (DVN), clasificando a los individuos avistados en: crías (cocodrilo que ha superado el primer invierno; menores a 0.5 m), juveniles (0.51 - 1.0 m), sub-adultos (1.01 -1.5 m), adultos (1.51m a 2) y adultos grandes (de 2.01 m o más). Cuando no fue posible la asignación categórica por talla, el avistamiento fue registrado como “solo ojos” (Sánchez et al., 2011). Adicionalmente cada avistamiento fue georeferenciado

utilizando un Sistema de Posicionamiento Global (GPSMap 62 Garmin) en coordenadas geográficas.

### Análisis estadístico

La abundancia relativa se estimó con base en la tasa de encuentro (TE), la cual se calcula como el número de cocodrilos avistados entre la distancia recorrida en km lineales (Sánchez et al., 2011). Para determinar la estructura etaria a lo largo de los meses estudiados, se utilizó el número de individuos de cada categoría etaria entre el total de individuos registrados mensualmente en cada muestreo (Fig. 2). Se empleó la prueba de Kruskal-Wallis para determinar si existe diferencia significativa entre los diez sitios de muestreo en las estructuras etarias de las poblaciones de *Crocodylus moreletii*.

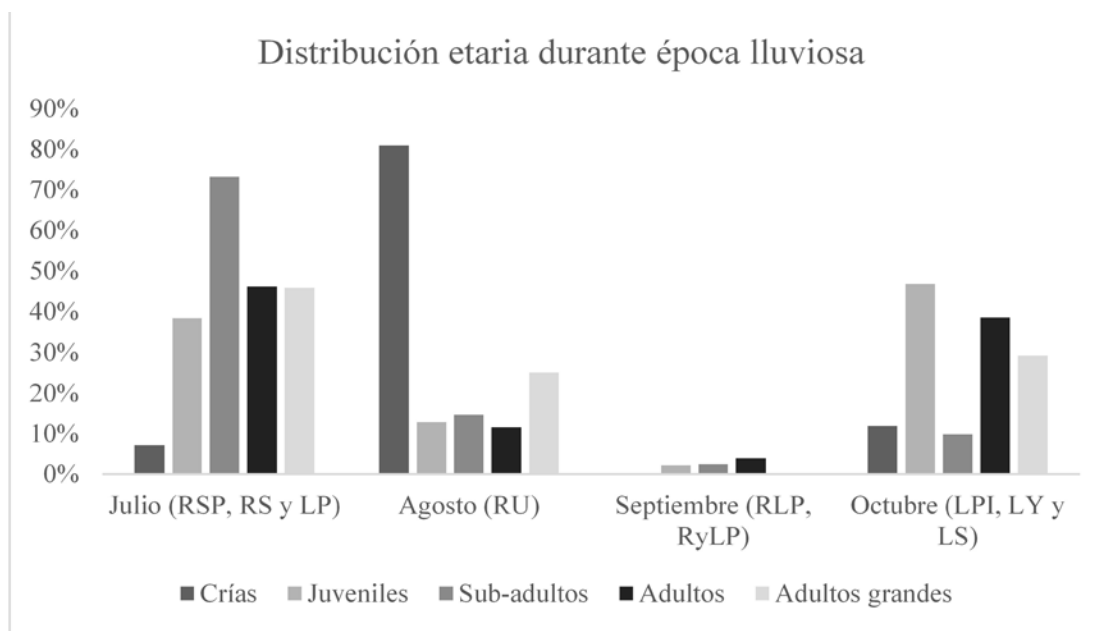
Por último, se utilizó el Coeficiente de correlación de Spearman para determinar si existe asociación entre algún tipo de vegetación y las categorías etarias en las de los cocodrilos avistados. Los análisis se realizaron a través del software estadístico PAST v. 2.17 y se aplicó un nivel de significancia de  $P \leq 0.05$  (Hammer et al., 2013).

## RESULTADOS

Se registraron un total de 301 individuos de *C. moreletii* en 392.55 km recorridos. De los cuales 226 se observaron a lo largo de 220.86 km en los sistemas acuáticos abiertos, y 75 individuos a lo largo de 171.69 km en los sistemas acuáticos cerrados.

Los sistemas acuáticos abiertos presentaron una TE promedio de 1.11 cocodrilos/kilómetro, siendo en el río Sacluc donde se registró el mayor número de avistamientos (TE = 2.41 cocodrilos/km) y en el río La Pasión la menor tasa de avistamientos (TE = 0.05 cocodrilos/km) (Tabla 1). Mientras que, en los sistemas acuáticos cerrados se registró una menor TE (0.70 cocodrilos/km), encontrando en la laguna Yaxhá la TE más alta (2.14 cocodrilos/km), y en la laguna Petexbatún no se observó ningún cocodrilo (Tabla 1).

En cuanto a la estructura etaria, las proporciones de cada categoría variaron a través de los meses de estudio y de los sitios. El río Usumacinta presentó la mayor proporción de crías, la laguna Yaxhá mostró la mayor proporción de jóvenes, y el río San Pedro manifestó la mayor cantidad de sub-adultos, adultos y adultos grandes, siendo este el sitio más diverso en tallas



**Figure 2.** Age distribution of *Crocodylus moreletii* during the rainy season in the ten sampled sites in Petén, Guatemala. Key: \*RSP (San Pedro river), RS (Sacluc river), LP (El Perú lagoon), RU (Usumacinta river), RLP (La Pasión river), RyLP (river and lagoon Petexbatún), LPI (lake Petén Itzá), LY (Yaxhá lagoon) and LS (Sacnab lagoon).

**Figura 2.** Distribución etaria de *Crocodylus moreletii* durante la época lluviosa en los diez sitios muestreados de Petén, Guatemala. Clave: \*RSP (río San Pedro), RS (río Sacluc), LP (laguna El Perú), RU (río Usumacinta), RLP (río La Pasión), RyLP (río y laguna Petexbatún), LPI (lago Petén Itzá), LY (laguna Yaxhá) y LS (laguna Sacnab).

**Table 1.** Encounter rate of *Crocodylus moreletii* in open and closed aquatic systems in Petén, Guatemala during the rainy season in 2013.

**Tabla 1.** Tasa de encuentro de *Crocodylus moreletii* en sistemas acuáticos abiertos y cerrados en Petén, Guatemala durante la época lluviosa en 2013.

| SISTEMA ACUÁTICO ABIERTO |               |              |                        |
|--------------------------|---------------|--------------|------------------------|
| Sitios                   | Km recorridos | # individuos | Tasa de encuentro (TE) |
| Río Sacluc               | 8.7           | 21           | 2.41                   |
| Río San Pedro            | 57.5          | 120          | 2.09                   |
| Río Usumacinta           | 96.18         | 80           | 0.83                   |
| Río Petexbatún           | 18.18         | 3            | 0.17                   |
| Río La Pasión            | 40.3          | 2            | 0.05                   |
| <b>Total</b>             | <b>220.86</b> | <b>226</b>   | <b>N/A</b>             |
| Promedio de TE           | -             | -            | 1.11                   |
| Desviación estándar TE   | -             | -            | 1.09                   |

| SISTEMA ACUÁTICO ABIERTO |               |              |                        |
|--------------------------|---------------|--------------|------------------------|
| Sitios                   | Km recorridos | # individuos | Tasa de encuentro (TE) |
| Laguneta el Perú         | 21.3          | 9            | 0.42                   |
| Lago Petén Itzá          | 95.51         | 7            | 0.07                   |
| Laguna Sacnab            | 12.3          | 11           | 0.89                   |
| Laguna Yaxhá             | 22.4          | 48           | 2.14                   |
| Laguna Petexbatún        | 20.18         | 0            | 0                      |
| <b>Total</b>             | <b>171.69</b> | <b>75</b>    | <b>N/A</b>             |
| Promedio de TE           | -             | -            | 0.7                    |
| Desviación estándar TE   | -             | -            | 0.88                   |

(Tabla 2).

Se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los sitios de muestreo para los diferentes grupos etarios de las poblaciones de *C. moreletii* ( $H = 31.56$ ,  $p = 0.0002$ ). Siendo los ríos San Pedro, Usumacinta y laguna Yaxhá los sitios que presentan diferencias respecto al resto de los cuerpos de agua (Tabla 3).

Las correlaciones de Spearman indican que los hábitats boscosos y carrizal están asociados a las categorías etarias menores (crías, juvenil y subadulto), mientras que tular y pastizal se asocia a las categorías mayores (adulto y adulto grande); sin embargo, ninguna de estas fue estadísticamente significativa. Por último, la vegetación de tipo liral y nenufaral muestran una correlación negativa con subadultos, adultos y adultos grandes (Tabla 4).

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La Tasa de Encuentro promedio de *C. moreletii* en los sistemas cerrados fue menor ( $\bar{x} = 0.7$ ) que el encontrado en sistemas abiertos ( $\bar{x} = 1.1$ ). Estas diferencias se pueden deber, principalmente, a la época de muestreo (época lluviosa) donde los niveles de agua incrementan formando canales intermitentes, especialmente en lagunas, permitiendo a los cocodrilos desplazarse hacia otros sitios (Dever et al., 2002; Cedeño-Vásquez & Pérez-Rivera, 2010; Rodas-Trejo et al., 2017).

Las TE obtenidas en este estudio para los ríos Sacluc y San Pedro (2.41 y 2.09 cocodrilos/km, respectivamente), fueron similares a las reportadas por Castañeda (1998) y Castañeda et al. (2000), quien registró 4.35 y 2.10 cocodrilos/km, mientras que, en el 2000, los autores reportaron valores de 2.00 y 0.61 cocodrilos/km para los mismos sitios, respectivamente. Adicionalmente, en México Cedeño-Vásquez et al. (2006) en río Hondo, Quintana Roo registraron una TE promedio de 3 cocodrilos/km con muestreos en época seca y lluviosa; mientras que Villalobos-Zapata y Mendoza Vega (2010) registraron una TE de 15.53 cocodrilos/km en el río Verde de Hampolol, de la Reserva de la Biosfera de los Petenes, también en ambas estaciones. En el caso de Belice, Platt & Thorbjarnarson (2000) realizaron muestreos de varios ríos y riachuelos entre 1992 y 1997 en el norte del país, reportando una TE promedio de 0.95 cocodrilos/km. Asimismo, Tellez et al. (2017), reportaron una TE promedio de 3.6 cocodrilos/km para los ríos Raspaculo y Macal con muestreos en abril (época seca) y junio (época lluviosa).

Con base en las TE reportadas a nivel regional, se puede inferir que las poblaciones silvestres de Guatemala son bajas. No obstante, la escasez de estudios sobre cocodrilos en Guatemala limita concluir que las poblaciones silvestres sean o no estables. Los únicos sitios que permiten hacer una comparación a lo largo de los años son los ríos San Pedro y Sacluc, cuyas poblaciones silvestres han mostrado estabilidad temporal de acuerdo con los estudios previamente mencionados; pudiéndose clasificar como áreas importantes para la conservación de *C. moreletii*.

**Table 2.** Age distribution of *Crocodylus moreletii* at the sampling sites in Petén, Guatemala during the rainy season in 2013.**Tabla 2.** Distribución etaria de *Crocodylus moreletii* en los sitios de muestreo en Petén, Guatemala durante la época lluviosa en 2013.

| Sitios                       | Cría      | Juvenil   | Sub-Adulto | Adulto    | Adulto Grande | Sólo ojos  | Total      |
|------------------------------|-----------|-----------|------------|-----------|---------------|------------|------------|
| Río Sacluc                   | 0         | 7         | 2          | 0         | 0             | 12         | 21         |
| Río San Pedro                | 3         | 8         | 26         | 11        | 11            | 61         | 120        |
| Río Usumacinta               | 34        | 6         | 6          | 3         | 6             | 25         | 80         |
| Río Petexbatún               | 0         | 1         | 1          | 0         | 0             | 1          | 3          |
| Río La Pasión                | 0         | 0         | 0          | 1         | 0             | 1          | 2          |
| Laguneta el Perú             | 0         | 3         | 2          | 1         | 0             | 3          | 9          |
| Lago Petén Itzá              | 1         | 4         | 0          | 1         | 0             | 1          | 7          |
| Laguna Sacnab                | 0         | 0         | 0          | 3         | 5             | 3          | 11         |
| Laguna Yaxhá                 | 4         | 18        | 4          | 6         | 2             | 14         | 48         |
| Laguna Petexbatún            | 0         | 0         | 0          | 0         | 0             | 0          | 0          |
| <b>Total # de individuos</b> | <b>42</b> | <b>47</b> | <b>41</b>  | <b>26</b> | <b>24</b>     | <b>121</b> | <b>301</b> |

**Table 3.** Kruskal-Wallis analysis between sampling sites using age categories of *Crocodylus moreletii* in Petén, Guatemala during the rainy season in 2013.  $p = 0.0002371$ . Key: \*RSP (San Pedro river), RS (Sacluc river), LP (El Perú lagoon), RU (Usumacinta river), RLP (La Pasión river), RyLP (river and lagoon Petexbatún), LPI (lake Petén Itzá), LY (Yaxhá lagoon) and LS (Sacnab lagoon).**Tabla 3.** Análisis de Kruskal-Wallis entre sitios muestreados utilizando categorías etarias de *Crocodylus moreletii* en Petén, Guatemala durante la época lluviosa en 2013.  $p = 0.0002371$ . Clave: \*RSP (río San Pedro), RS (río Sacluc), LP (laguneta El Perú), RU (río Usumacinta), RLP (río La Pasión), RyLP (río y laguna Petexbatún), LPI (lago Petén Itzá), LY (laguna Yaxhá) y LS (laguna Sacnab).

| Sitios | RSP     | RS      | LP      | RU      | RLP     | RP      | LP      | LPI     | LY      |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| RSP    |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| RS     | 0.01095 |         |         |         |         |         |         |         |         |
| LP     | 0.01371 | 0.93660 |         |         |         |         |         |         |         |
| RU     | 0.77640 | 0.02380 | 0.02920 |         |         |         |         |         |         |
| RLP    | 0.00071 | 0.40060 | 0.35760 | 0.00193 |         |         |         |         |         |
| RP     | 0.00216 | 0.60130 | 0.54720 | 0.00539 | 0.75050 |         |         |         |         |
| LP     | 0.00021 | 0.24660 | 0.21570 | 0.00063 | 0.75050 | 0.52470 |         |         |         |
| LPI    | 0.01286 | 0.95470 | 0.98190 | 0.02756 | 0.36950 | 0.56240 | 0.22420 |         |         |
| LY     | 0.53960 | 0.05349 | 0.06411 | 0.74190 | 0.00560 | 0.01415 | 0.00201 | 0.06091 |         |
| LS     | 0.00993 | 0.97280 | 0.90960 | 0.02177 | 0.42000 | 0.62530 | 0.26080 | 0.92760 | 0.04940 |

**Table 4.** Spearman Correlation Matrix between vegetation types and age categories of *Crocodylus moreletii* at the sampling sites in Petén, Guatemala during the rainy season in 2013.

**Tabla 4.** Matriz de Correlación de Spearman entre tipos de vegetación y categorías etarias de *Crocodylus moreletii* en los sitios de muestreo en Petén, Guatemala durante la época lluviosa en 2013.

| Talla         | Carrizal       |        | Hábitat boscoso |        | Pastizal       |        | Tular          |        | Lirial         |        | Nenufaral      |        |
|---------------|----------------|--------|-----------------|--------|----------------|--------|----------------|--------|----------------|--------|----------------|--------|
|               | R <sup>2</sup> | p      | R <sup>2</sup>  | p      | R <sup>2</sup> | p      | R <sup>2</sup> | p      | R <sup>2</sup> | p      | R <sup>2</sup> | p      |
| Cría          | 0.1444         | 0.2110 | 0.3086          | 0.3801 | -0.6251        | 0.2592 | 0.1772         | 0.1353 | 0.1961         | 0.4655 | 0.1961         | 0.4655 |
| Juvenil       | 0.3292         | 0.6496 | 0.3801          | 0.4987 | -0.6810        | 0.4199 | 0.0228         | 0.0379 | 0.0587         | 0.6263 | 0.0587         | 0.6263 |
| Sub-adulto    | 0.0841         | 0.7350 | 0.4714          | 0.6928 | -0.4630        | 0.8904 | -0.3140        | 0.1205 | -0.3604        | 0.8691 | -0.3604        | 0.8691 |
| Adulto        | 0.3891         | 0.3450 | -0.1234         | 0.5869 | -0.6134        | 0.0574 | 0.3929         | 0.0662 | -0.0597        | 0.2297 | -0.0597        | 0.2297 |
| Adulto grande | 0.1162         | 0.4859 | 0.0797          | 0.6320 | -0.6251        | 0.2293 | 0.2152         | 0.1353 | -0.2615        | 0.4655 | -0.2615        | 0.4655 |

El río La Pasión y río y laguna Petexbatún fueron los sitios con la TE más baja de los 10 cuerpos de agua estudiados (0.05 cocodrilos/km, 0.17 cocodrilos/km y 0 cocodrilos/km, respectivamente), lo cual puede deberse a un alto nivel de perturbación del ecosistema por la elevada presencia de actividades antropogénicas alrededor de estos sitios. En estos cuerpos de agua se ha reportado pesca con trasmallos, deforestación por avance de la frontera agrícola, registro de cacería ilegal, sobrepesca, contaminación por agroquímicos, entre otros factores de riesgo que perturban la abundancia de cocodrilos (CONAP, 2008). Estos factores pueden provocar un comportamiento evasivo de los cocodrilos dificultando el avistamiento durante los muestreos y una disminución de la población como consecuencia de estas actividades (Cruz-Paz et al., 2018).

El sistema acuático cerrado que obtuvo mayor TE fue la laguna Yaxhá (2.14 cocodrilos/km), seguido de la laguna Sacnab y laguneta El Perú (0.89 cocodrilos/km y 0.42 cocodrilos/km). Las lagunas Yaxhá y Sacnab están ubicadas dentro de un importante sitio arqueológico (Parque Nacional Yaxhá-Nakum-Naranjo) que cuenta con una eficiente vigilancia del área (CONAP-DGPCN/MICUDE-, 2015). Aunque ambas lagunas están dentro del mismo parque, la variación en la abundancia de cocodrilos probablemente pudo deberse a un mayor número de refugios y recursos alimenticios en Yaxhá, principalmente por la alta diversidad de ictiofauna nativa y flora que alberga (hábitat boscoso, carrizal y tular) (Reyes Morales et al., 2009; CONAP, 2015).

Mientras que, Sacnab puede ser un sitio de importancia para el apareamiento por ser un cuerpo de agua provisto de hábitat

boscoso y tular, lo cual se puede asociar a la alta presencia de cocodrilos adultos y adultos grandes que se registró (Reyes Morales et al., 2009; Villegas & Reynoso, 2013) (Tabla 2).

En comparación con otros estudios, Castañeda (2000) reporta una TE promedio de 1 cocodrilo/km y 6 cocodrilos/km en las lagunas Tintal y El Burro, Petén, Guatemala en época de lluvias; mientras que Castañeda et al. (2000) reportan una TE de 4.40 cocodrilos/km en época de secas para la laguneta El Perú, ubicada dentro del Parque Nacional Laguna del Tigre, Petén. Sin embargo, para este estudio la TE (0.42 cocodrilos/km) obtenida para la laguneta El Perú fue mucho menor durante la época de lluvias; situación que pudo deberse a la migración de hembras hacia sitios que presentan condiciones favorables, así como: i) áreas para refugio de crías, y ii) una vegetación con escombros leñosos, hojas y tierra para la construcción de nidos (Escobedo-Galván et al., 2011). Asimismo, Castañeda et al. (2000) reportan un alto porcentaje de adultos, lo cual puede influir en el comportamiento reproductivo de las hembras y otras especies de reptiles que tienen una tendencia similar (Barahona & López, 2015) afectando la abundancia local durante la reproducción.

En relación con los estudios en México, Cedeño-Vásquez et al. (2006) y Cedeño-Vásquez & Pérez-Rivera (2010), registraron una TE promedio de 7.57 cocodrilos/km en sistemas lagunares al Sureste de Quintana Roo y una TE máxima de 45.6 cocodrilos/km para Laguna Esmeralda, Quintana Roo, respectivamente; ambos estudios se llevaron a cabo durante las épocas seca y lluviosa. Mientras que, Platt & Thorbjarnarson (2000) registraron una TE promedio de 6.11 cocodrilos/km en lagunas aluviales y 8.20 cocodrilos/km en lagunas no aluviales al norte de Belice durante monitoreos en época seca y lluviosa entre 1992 y

1997. Por consiguiente, las TE en las lagunas Petexbatún, Yaxhá, Sacnab y El Perú (2.14 cocodrilos/km, 0.89 cocodrilos/km, 0.42 cocodrilos/km y 0 cocodrilos/km) son muy bajas en comparación con las registradas en México y Belice. Sin embargo, se observa el contraste de los cuerpos de agua que están dentro y fuera de áreas protegidas.

El mayor conteo de crías se realizó en el río Usumacinta (Tabla 2), presentando el pico más alto en el mes de agosto, lo cual puede tener relación con la época de eclosión de las crías (Castañeda, 1998; Castañeda et al., 2000). Asimismo, el río cuenta con una alta diversidad de fauna, especialmente de especies dulceacuícolas como insectos acuáticos, anfibios, crustáceos, entre otros, siendo estas la dieta principal para crías y juveniles (Platt et al., 2006; Amezcua et al., 2017; Castillo et al., 2018; Mendoza-Carranza et al., 2018) y una alta diversidad de flora adecuada para su supervivencia (Cedeño-Vásquez & Pérez-Rivera, 2010; Rueda-Cordero et al., 2017; Tellez et al., 2017). Sin embargo, la abundancia de las categorías de mayor talla en este cuerpo de agua fue más baja, probablemente porque el sitio está sujeto a altas tasas de deforestación, cacería ilegal de fauna, asentamientos humanos, avance de la frontera agrícola, entre otros (March & Castro, 2010; Cruz-Paz et al., 2018). Posteriormente, se registró una disminución progresiva de crías en septiembre y octubre (Fig. 2) esto puede deberse a mortalidad natural, depredación y crecimiento (Cedeño-Vásquez & Pérez-Rivera, 2010; Cedeño-Vásquez, 2016).

Las correlaciones obtenidas sugieren que los cuerpos de agua cuyos márgenes han sido desprovistos de cobertura vegetal original tienen un efecto negativo sobre la presencia de cocodrilos, en particular para las crías, juveniles y subadultos (Tabla 4). Esta condición causa un aumento en la exposición a amenazas tanto antropogénicas como naturales, así como la depredación de adultos hacia tallas menores, mortalidad de los juveniles durante su transición a subadultos o desplazamiento de juveniles y subadultos por adultos en época de reproducción (Cedeño-Vásquez et al., 2006; Escobedo-Galván, 2008; Cedeño-Vásquez & Pérez-Rivera, 2010).

El hábitat boscoso y carrizal fueron los tipos de vegetación que favorecieron a las crías, juveniles y subadultos (Tabla 4), probablemente porque brinda mayor protección y recursos alimenticios. Lo cual concuerda con lo dicho por Cedeño et al. (2006) y Villegas & Reynoso (2013), que el hábitat boscoso es de suma importancia para el forrajeo y anidación, además los adultos tienen mayor preferencia por aguas abiertas (Tellez et al., 2017). Los adultos y adultos grandes presentaron mayor tendencia hacia pastizal y tular ( $R_2 = 0.61341$  y  $R_2 = 0.39291$

respectivamente), posiblemente porque lo utilizan para la construcción de nidos, sitios de refugio por la densa vegetación dificultando el acceso a humanos, entre otros (Castañeda et al., 2000; Villegas & Reynoso, 2013). Aunque las correlaciones no son estadísticamente significativas, los valores obtenidos sugieren que los cocodrilos estarían evitando zonas desprovistas de vegetación y sitios de riesgo.

En conclusión, las poblaciones silvestres de *Crocodylus moreletii* en Petén, Guatemala se encuentran reducidas en comparación con las distribuidas en México y Belice. Asimismo, se observó la importancia de los hábitats boscosos y carrizales para la estructura poblacional de cocodrilos, tanto en sus etapas de vida más vulnerables como en la adultez por la protección y recursos alimenticios. Con lo discutido anteriormente, se podría inferir que hay una tendencia de mayor densidad de cocodrilos en cuerpos de agua cuya vegetación no ha sido modificada por impactos antropogénicos. Sin embargo, se requiere de un estudio más específico y con más réplicas para comparar la asociación de estos entre sitios conservados y no conservados.

Adicionalmente se recomienda mantener monitoreos anuales de *C. moreletii* tanto en época seca como lluviosa con el fin de evaluar la fluctuación de los grupos etarios a lo largo de los años. Se sugiere que, además de los estudios biológicos de la especie, se desarrollen proyectos comunitarios para mejorar las artes de pesca y reducir la cacería, mediante un cambio en la percepción y el conocimiento sobre la importancia y el valor intrínseco de los cocodrilos. Esto permitiría mitigar, en la medida de lo posible, los impactos de origen antropogénico en los cuerpos acuáticos y asegurar un manejo adecuado de conservación para obtener posteriormente un beneficio económico de manera sustentable.

**Agradecimientos.**— Se agradece al Fondo Nacional para la Conservación (FONACON) por financiar este proyecto con número de identificación F16/2013, al Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) por otorgar la Licencia de Investigación No. 008/2014 con No. Reg. I-001-2011 y el apoyo que brindaron los técnicos de campo para la ejecución de esta. Además, al M.Sc. Luis Estuardo Ríos González, director de la Maestría en Gestión Ambiental y Sostenibilidad de la Universidad del Valle de Guatemala (UVG), por el acompañamiento y apoyo académico.

## LITERATURA CITADA

Aguilar-Olguín, S., M. Cruz Rivera-Rodríguez, H. Hernández-Hurtado, R. González-Trujillo & M.M. Ramírez-Martínez. 2020.

- Effect of vegetation and abiotic factors on the abundance and population structure of *Crocodylus acutus* (Cuvier, 1806) in coastal lagoons of Colima. *Amphibian and Reptile Conservation*. 14:174-182.
- Amezcu, I., G. Carreón, J. Márquez, R.M. Vidal, I. Burgués, S. Cordero & J. Reid. 2007. Tenosique: análisis económicoambiental de un proyecto hidroeléctrico en el río Usumacinta. *Conservation Strategy Fund, Serie Técnica No. 10*.
- Arias T.E. 2007. El cocodrilo en la Región Maya Yokot'an. Un acercamiento antropológico a la actualidad del Ambiente en Tabasco. *Itinerarios* 6:101-122.
- Barahona, R. & J. López. 2015. Estructura poblacional de la tortuga blanca, *Dermatemys mawii* Gray (Testudines, Dermatemydidae), en la Laguna El Perú, Petén, Guatemala. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia* 25:75-86.
- Castañeda, F. 1998. Situación actual y propuesta de plan de manejo para *Crocodylus moreletii* (Bibrón & Dumeril, 1851) (Reptilia: Crocodylidae), en el área de influencia de la Estación Biológica "Las Guacamayas", Parque Nacional Laguna del Tigre, Departamento de Petén, Guatemala. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Castañeda, F. 2000. Estudio poblacional de *Crocodylus moreletii* en las lagunetas El Tintal y El Burro. Informe Final para la Finca Santuarios Ecológicos "El Retiro", Macanche, Petén. Guatemala.
- Castañeda, F., O. Lara & A. Queral-Regil. 2000. The herpetofauna of Laguna del Tigre National Park, Peten, Guatemala, with an emphasis on populations of the Morelet's crocodile (*Crocodylus moreletii*). Pp. 61-66. En Bestelmeyer, Brandon & E. Leeane (Eds.). Evaluación biológica de los sistemas acuáticos del Parque Nacional Laguna del Tigre, Petén, Guatemala. Boletín RAP de evaluación biológica 16, Conservation International. Washington, D.C.
- Castillo, M.M., R. Barba-Álvarez, & A. Mayorga. 2018. Riqueza y diversidad de insectos acuáticos en la cuenca del río Usumacinta en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 89:45-64.
- Cedeño-Vásquez, J.R., P. Ross & S. Calmé. 2006. Population status and distribution of *Crocodylus acutus* and *C. moreletii* in southeastern Quintana Roo, Mexico. *Herpetological Natural History* 10:17-30.
- Cedeño-Vásquez, J.R. & S.D. Pérez-Rivera. 2010. El Cocodrilo de Pantano (*Crocodylus moreletii*) en Laguna Esmeralda, Quintana Roo, México. *Revista Latinoamericana de Conservación* 2:91-98.
- Cedeño-Vásquez, J. 2016. *Crocodylus moreletii*. Cannibalism. *Mesoamerican Herpetology* 3:470-472.
- CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas). 2008. Plan Maestro 2008-2012. Áreas Protegidas del Suroeste de Petén. (Editado y revisado por Claudia Santizo, Erick Ponciano, Estuardo Secaira, Rudy Herrera, Sergio Guzmán, Gabriel Alonso, Bertila Bailey y Salvador López). Unidad Ejecutora de Coordinación del Programa para el Desarrollo Sostenible de Petén/ Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación/ Banco Interamericano de Desarrollo (UEC PDS/ CATIE-MAGA/BID). Guatemala.
- CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas). 2015. Plan Maestro de la Reserva de la Biósfera Maya. Segunda Actualización. Tomo 1. Documento Técnico No. 20-2016. Guatemala.
- CONAP-DGPCN/MICUDE (Consejo Nacional de Áreas Protegidas - Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural/ Ministerio de Cultura y Deportes). 2015. Plan Maestro del Parque Nacional Yaxha, Nakum, Naranjo. Primera Actualización. (Editado y revisado por Carlos Rodríguez Olivet, Julio Rafael Morales, Oscar Quintana, Jenniffer Ortiz, Julio López Payés). CATIE-GITEC Consult GmbH y Programa para el Desarrollo de Petén para la Conservación de la Reserva de la Biosfera Maya (PDPCRB/MARN). Guatemala.
- CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres). 2016. Examen De Las Propuestas De Enmienda A Los Apéndices I y II, Información complementaria sobre el estado de las poblaciones silvestres y manejo de cocodrilo de pantano *Crocodylus moreletii* en México. Johannesburgo, Sudáfrica.
- Cruz-Paz, G., M.M., Castillo, A. Espinoza-Tenorio, L.C. Bravo-Peña, E. Valencia Barrera & M.A. Mesa-Jurado. 2018. Áreas prioritarias de conservación en la cuenca Usumacinta. La aplicación de un enfoque multicriterio. *Investigaciones Geográficas. UNAM*. No. 97.
- Dever, J., R., Strauss, T. Rainwater, S.T. McMurphy & L. Densmore. 2002. Genetic Diversity, Population Subdivision, and Gene Flow in Morelet's Crocodile (*Crocodylus moreletii*) from Belize, Central America. *Copeia Review: Genetics and Evolution* 4:1078-1091.

- Escobedo-Galván, A.H. 2008. Estructura poblacional y proporción de sexos en *Caiman crocodilus* en Caño Negro, Costa Rica. *Iheringia. Série Zoologia* 98:489-492.
- Escobedo-Galván, A.H., G. Casas-Andreu, G. Barrios-Quiroz, V. H. Sustaita-Rodríguez & M.A. López Luna. 2011. Observations on nests of *Crocodylus moreletii* in San Luis Potosí, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:315-317.
- González-Espinosa, M., N. Ramírez-Marcial & L. Ruiz-Montoya. 2005. *Diversidad Biológica en Chiapas*. México, D.F.
- Hammer, Ø., D.A.T. Harper & P.D. Ryan. 2013. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4:1-9.
- Köhler, G. 2003. *Reptiles of Central America*. Herpeton, Germany.
- Lara, Ó. 1990. Estimación del tamaño y estructura de la población de *Crocodylus moreletii* en los lagos Petén Itzá, Sal-Petén, Petenchel y Yaxhá, El Petén, Guatemala. Tesis de Maestría, Universidad Nacional, Heredia. Costa Rica.
- March, I. & M. Castro. 2010. La Cuenca del Usumacinta: Perfil y perspectivas para su conservación y desarrollo sustentable. Pp. 193-197. En C.A.H. (Eds.). *Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización*. Universidad de San Luis Potosí. México.
- Mendoza-Carranza, M., W. Arévalo-Frías, A. Espinoza-Tenorio, C.C. Hernández-Lazo, A. Álvarez-Merino, & R. Rodiles-Hernández. 2018. La importancia y diversidad de los recursos pesqueros del río Usumacinta, México. *Revista mexicana de biodiversidad* 89:131-146.
- Palmer, M.L. & F.J. Mazzotti. 2004. Structure of everglades alligator holes. *Wetlands* 24:115-122.
- Platt, S. G. & J.B. Thorbjarnarson. 2000. Population status and conservation of Morelet's crocodile, *Crocodylus moreletii*, in northern Belize. *Biological Conservation* 96:21-29.
- Platt, S.G., T.R. Rainwater, A. G. Finger, J. B. Thorbjarnarson, T. A. Anderson & S. T. Mcmurry. 2006. Food habits, ontogenetic dietary partitioning and observations of foraging behaviour of Morelet's crocodile (*Crocodylus moreletii*) in northern Belize. *Herpetological Journal* 16:281-290.
- Read, M.A., D. Miller Jeffrey, I.P. Bell & A. Felton. 2004. The distribution and abundance of the estuarine crocodile, *Crocodylus porosus*, in Queensland. *Wildlife Research* 31:527-534.
- Reyes Morales, E.M., J.E. Morales Can, B.E. Oliva Hernández & C.V. Dávila Pérez. 2009. Los Cuerpos de Agua de la Región Maya Tikal -Yaxhá: Importancia de la Vegetación Acuática Asociada, Calidad de Agua y Conservación. Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente -PIURNA-. Dirección General de Investigación. Universidad San Carlos de Guatemala.
- Rodas-Trejo, J., P. Ocampo-González, H. Mandujano Camacho, R. Grajales Zepeda & J. Hernández-Nava. 2017. Estado poblacional del *Crocodylus moreletii* (Reptilia: Crocodylidae) en el Área Natural Protegida Laguna de Términos, Campeche, México Population status of *Crocodylus moreletii* (Reptilia: Crocodylidae) in the Laguna de Términos protected natural area, Campeche, Mexico. *Quehacer Científico en Chiapas* 12:41-46.
- Ross, C.A. 1987. *Crocodylus moreletii*. Catalog of American Amphibians and Reptiles 407:1-407.
- Rueda Cordero, B.A., M.A. López Luna & L.D. Olivera Gómez. 2017. Uso de hábitat del cocodrilo de pantano *Crocodylus moreletii* en una laguna urbanizada en México. *Quehacer Científico en Chiapas* 12:35-40.
- Sánchez Herrera, O.G., López Segurajáuregui, A. García Naranjo Ortiz de la Huerta & H. Benítez Díaz. 2011. Programa de Monitoreo del Cocodrilo de Pantano (*Crocodylus moreletii*) México-Belize-Guatemala. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Somaweera, R., J. Nifong, A. Rosenblatt, M.L. Brien, X. Combrink, R.M. Elsey, G. Grigg, W. E. Magnusson, F.J. Mazzoti, A. Percy, S.G. Platt, M.H. Shirley, M. Tellez, J. V.D. Ploeg, G. Webb, R. Whitaker & B.L. Webber. 2020. The ecological importance of crocodylians: towards evidence-based justification for their conservation. *Biological Reviews* 95:936-959.
- Tellez, M., M. Boucher, & K. Kohlman. 2016. Population status of the American Crocodile (*Crocodylus acutus*) in Caye Caulker, Belize. *Mesoamerican Herpetology* 3:450-460.
- Tellez, M., B. Arévalo, I. Paquet-Durand & S. Heflick. 2017. Population status of Morelet's Crocodile (*Crocodylus moreletii*) in Chiquibul Forest, Belize. *Mesoamerican Herpetology* 4:8-2

- Thorbjarnarson, J.B. 2010. American Crocodile *Crocodylus acutus*. Pp. 46-53. In S.C. Manolis & C. Stevenson (Eds). Crocodiles. Status Survey and Conservation Action Plan. Third Edition. Crocodile Specialist Group: Darwin.
- Villalobos-Zapata, G.J., & J. Mendoza Vega (Coord.). 2010. La Biodiversidad en Campeche: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, El Colegio de la Frontera Sur. México.
- Villegas, A., & V. Reynoso. 2013. Relative abundance and habitat preference in isolated populations of Morelet's crocodile (*Crocodylus moreletii*) along the coast of the Gulf of Mexico. Herpetological Conservation and Biology 8:571-580.



# EL SAPO ARLEQUÍN DEL CHOCÓ (*ATELOPUS SPURRELLI* BOULENGER, 1914) EN EL PARQUE NACIONAL NATURAL UTRÍA, COLOMBIA: DENSIDAD POBLACIONAL Y RECOMENDACIONES PARA SU MONITOREO Y CONSERVACIÓN

THE CONDOTO STUBFOOT TOAD (*ATELOPUS SPURRELLI* BOULENGER, 1914) AT UTRÍA NATIONAL PARK, COLOMBIA: POPULATION DENSITY MONITORING AND CONSERVATION

ÁNGELA MILENA MELO-BELTRÁN<sup>1</sup>, LINCOLN DE JESÚS MOYA-CÓRDOBA<sup>1</sup>, FABIAN ELIECER VERGARA-ROSARIO<sup>1</sup> & DIEGO A. GÓMEZ-HOYOS<sup>2,3\*</sup>

<sup>1</sup>Parques Nacionales Naturales de Colombia, PNN Utría, Territorial Pacífico, Calle 29 Norte No. 6N- 43 Barrio Santa Mónica, Cali, Colombia.

<sup>2</sup>ProCAT Internacional/Sierra to Sea Institute Costa Rica, Las Alturas, Puntarenas, Costa Rica.

<sup>3</sup>Grupo de Investigación y Asesoría en Estadística/Grupo de Herpetología, Universidad del Quindío, Carrera 15 Calle 12 Norte, Armenia, Colombia.

\*Correspondencia: biodiego88@gmail.com

**Abstract.**— We assessed the population density of *Atelopus spurrelli* in Utría National Natural Park to establish a baseline that could be used in a future surveillance and monitoring program for the species, as well as to assess the effect of potential threats to this population. We surveyed seven transects of variable length in three streams with previous records of the species in the Natural Park and estimated population density using the distance sampling method and the Multinomial-Poisson Mixture model. We recorded 191 individuals of *A. spurrelli* with a density of 0.09 individuals/m<sup>2</sup> (95% CI: 0.07-0.12) in Cocalito creek, 0.13 individuals/m<sup>2</sup> (0.1-0.18) in La Aguada creek and 0.14 individuals/m<sup>2</sup> (0.10-0.19) in Guachalito. Cocalito creek had the lowest estimated average density, which suggests biophysical or anthropic factors that vary between the creeks might drive this population parameter. We do not know exactly which factors affect the differences in population density between creeks in this study and other previous studies of the same population, but it could be attributed to the method of data analysis, the sampling representativity, or responses to biophysical and anthropic factors (e.g. human transit intensity) that vary between the creeks sampled. Thus, we suggest monitoring the populations multiple times a year for several years to determine precisely which factors drive the species' density estimations.

**Keywords.**— *Atelopus*, Bufonidae, density, imperfect detection, monitoring, threatened species.

**Resumen.**— Evaluamos la densidad poblacional de *Atelopus spurrelli* en el Parque Nacional Natural Utría para generar la línea base que permita establecer un programa de seguimiento y monitoreo de la especie, así como evaluar el efecto de potenciales amenazas sobre esta población. Seleccionamos tres quebradas con registros previos de la especie en el Parque Natural e inspeccionamos siete transectos de longitud variable. Estimamos la densidad poblacional con el método de muestreo por distancias usando el modelo *Multinomial-Poisson Mixture*. Registramos un total de 191 individuos de *A. spurrelli* con una densidad de 0.09 individuos/m<sup>2</sup> (IC 95%: 0.07-0.12) en la quebrada Cocalito, 0.13 (0.1-0.18) en la quebrada La Aguada y 0.14 (0.10-0.19) en Guachalito. La quebrada Cocalito presentó la más baja densidad promedio estimada, lo que sugiere un factor biofísico o antrópico diferencial entre quebradas con un efecto sobre este parámetro poblacional. Desconocemos el factor relacionado con las diferencias en la densidad de la especie entre quebradas y en comparación a estudios previos de la misma población, pero podría atribuirse a artefactos de los métodos de análisis de los datos, la representatividad del muestreo o la respuesta a factores físicos y antrópicos (e.g. intensidad de tránsito humano) presentes de manera diferencial en las quebradas muestreadas. Por lo tanto, sugerimos realizar el seguimiento de la población en varios periodos del año y multianual para determinar los factores que operan sobre las estimaciones de densidad de la especie.

**Palabras clave.**— *Atelopus*, Bufonidae, densidad, detección imperfecta, especie amenazada, monitoreo.

## INTRODUCCIÓN

El género *Atelopus* está comprendido por 96 especies reconocidas (Frost, 2019), de las cuales el 83% se encuentran en alguna categoría

de amenaza según la IUCN (2019). Muchas de estas especies no han sido observadas por décadas y podrían estar potencialmente extintas (e.g. *Atelopus quimbaya*, Gómez-Hoyos et al., 2018a). Por esta razón, los sapos arlequín se consideran como uno de los grupos de anfibios más amenazados a nivel mundial (Lötters, 2007). Su grado de amenaza se debe a la acción sinérgica de factores -particulares para el contexto de cada especie de *Atelopus*- como las enfermedades (e.g. quitridiomycosis), la pérdida y degradación del hábitat, el cambio climático, el comercio, las especies invasoras y la contaminación ambiental (La Marca et al., 2005).

Evaluaciones recientes del Grupo de Especialista de Anfibios, Comisión de Supervivencia de Especies de la IUCN (IUCN, 2019), muestran un panorama crítico para este grupo de anfibios. Sólo cuatro especies están categorizadas como en Preocupación Menor y otras dos como Casi Amenazadas, y en general se considera que sólo cinco especies tienen poblaciones estables (IUCN, 2019). Por otra parte, existen ocho especies categorizadas con Datos Insuficientes que evidencia las necesidades de conocimiento del estado de conservación de estos sapos arlequín en particular. En general, existen pocos estudios poblacionales a largo plazo que permitan determinar con certeza la supuesta estabilidad de algunas poblaciones o el estado poblacional de los sapos arlequín en general.

Algunas especies como *Atelopus cruciger*, *A. ignescens*, *A. varius* y *A. zeteki* cuentan con estudios poblacionales robustos (Ron et al., 2003; Lampo et al., 2012; 2017; McCaffery et al., 2015; González-Maya et al., 2018, Gómez-Hoyos et al., 2020) que han permitido estimar parámetros demográficos y evaluar tendencias poblacionales, así como identificar amenazas y su efecto sobre las poblaciones. Sin embargo, la mayoría de sapos arlequín no cuentan con estudios poblacionales de línea base y para unas pocas especies como *A. elegans* y *A. spurrelli* solo se cuenta con evaluaciones poblacionales rápidas (Gómez-Hoyos et al., 2014; Gómez-Hoyos et al., 2017) y no es posible conocer su tendencia. Esta situación ha dificultado conocer con certeza las categorías de amenaza y la tendencia de la mayoría de poblaciones de los sapos arlequín. Las recientes evaluaciones están basadas en criterio experto que usualmente se apoyan en observaciones anecdóticas de las poblaciones de estas especies.

El sapo arlequín del Chocó (*Atelopus spurrelli* Boulenger, 1914) se consideró hasta el 2017 como Vulnerable y se pensaba que sus poblaciones estaban decreciendo (Bolívar & Lötters, 2004). Sin embargo, en la más reciente evaluación la especie se categorizó como Casi Amenazada y con poblaciones estables (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2017). Los criterios para el cambio de categoría fueron la extensión de su distribución y que la especie es localmente común en varios lugares, pero no se descarta que una aparente reducción en su área de ocurrencia permita su categorización como amenazada en el futuro cercano (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2017). A pesar de esta información y criterios, a la fecha no se tiene conocimiento acerca de la dinámica y tendencia de sus poblaciones, así como tampoco de los efectos de factores biofísicos o antrópicos que puedan estar influyendo en estas.

Existe una población del sapo arlequín del Chocó (*A. spurrelli*) registrada en el Parque Nacional Natural Utría (PNN Utría; Gómez-Hoyos et al., 2014) la cual representa una oportunidad de investigación y conservación para la especie. Sin embargo, a la fecha sólo cuenta con un estudio poblacional rápido donde se estimó su densidad general (Gómez-Hoyos et al., 2014). Luego de la primera evaluación de línea base que se realizó en 2012 (Gómez-Hoyos et al., 2014), el área protegida decidió retomar el seguimiento de la densidad de la población en quebradas del parque, pues es necesario iniciar un programa de seguimiento y monitoreo que permita entender los factores que tienen efecto sobre la población, así como planear y ejecutar medidas de conservación.

En este estudio se presenta una experiencia reciente sobre la evaluación poblacional del sapo arlequín del Chocó (*Atelopus spurrelli*) en el PNN Utría en Colombia, implementada por el personal del área protegida en tres quebradas. También, se ofrecen algunas recomendaciones para fortalecer el seguimiento de esta población e identificar factores que tengan efecto sobre ésta, con el fin de planear y ejecutar acciones de conservación e iniciar un programa de monitoreo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El PNN Utría se encuentra ubicado en el departamento de

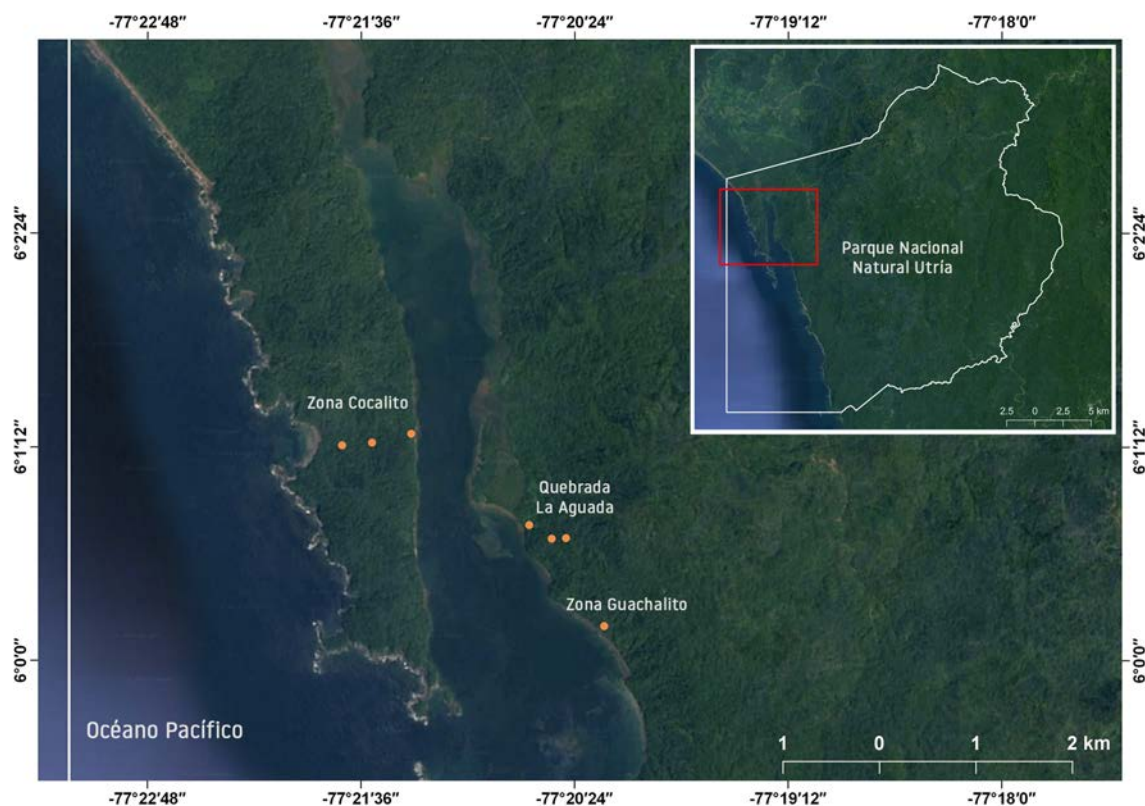
Chocó en Colombia, en jurisdicción de los municipios de Bahía Solano, Nuquí, Alto Baudó y Bojayá (BirdLife International, 2019). El Parque se localiza entre  $8.87^{\circ}$  –  $6.15^{\circ}$  N y  $77.22^{\circ}$  –  $77.38^{\circ}$  W y presenta un gradiente de elevación desde 0 hasta 1140 msnm, cubriendo un área total de 64 328 ha de las cuales aproximadamente 88% son terrestres (Vásquez & Serrano, 2009).

El estudio lo realizamos en la Ensenada de Utría (Fig. 1) zona que presenta una temperatura que oscila entre  $27^{\circ}\text{C}$  y  $30^{\circ}\text{C}$ , con humedad relativa de 90% y una precipitación promedio multianual de 10 000 mm, que corresponde a formaciones vegetales de selva húmeda tropical (Vásquez & Serrano, 2009). Los muestreos se realizaron en las Quebradas Cocalito ( $6.02017^{\circ}$  N,  $77.35531^{\circ}$  W), La Aguada ( $6.01142^{\circ}$  N,  $77.34081^{\circ}$  W) y Guachalito ( $6.00322^{\circ}$  N,  $77.33722^{\circ}$  W).

### Diseño de muestreo

Realizamos el muestreo por iniciativa de funcionarios del PNN Utría (autores AM, LM, FV; basado en las recomendaciones

de Gómez-Hoyos et al., 2014) entre el 8 y 11 de marzo de 2019. Durante el día, entre las 8:00 y las 15:00 horas, inspeccionamos los cursos de tres quebradas a lo largo de 7 transectos de longitud variable (quebrada Cocalito: tres transectos de 131, 133 y 160 m; quebrada La Aguada: tres transectos de 120, 121 y 118 m; quebrada Guachalito: un transecto de 155 m), en busca de individuos de *A. spurrelli* con un esfuerzo total de 37.4 horas/persona (Cocalito: 11.25 horas/persona; La Aguada: 15.9 horas/persona; Guachalito: 10.25 horas/persona). Registramos a cada individuo observado la distancia perpendicular desde su ubicación hasta la orilla de la quebrada y se asignó a una categoría de edad. La categoría de edad la asignamos con el cálculo de intervalos discretos de tamaño a través de observación directa y comparación con objetos de referencia. Realizamos este procedimiento para evitar el contacto directo por manipulación o uso de herramientas de medición, de manera que se minimizara el potencial contagio de enfermedades ante la ausencia de un protocolo de bioseguridad durante el estudio. Las categorías de edad incluyeron inmaduros ( $<25$  mm) y adultos ( $>25$  mm; Lötters, 1996), pero existe



**Figure 1.** Location of the Utría National Natural Park and the areas evaluated to estimate the density of *Atelopus spurrelli*. Orange dots represent the location of the inspected transects.

**Figura 1.** Ubicación geográfica del Parque Nacional Natural Utría y las zonas evaluadas para estimar la densidad de *Atelopus spurrelli*. Puntos naranjas representan la ubicación de los transectos inspeccionados.

incertidumbre en la asignación debido a que no se midieron directamente los individuos.

### Análisis de datos

Para estimar las densidades de *Atelopus spurrelli* en cada quebrada utilizamos el método de muestreo por distancias ajustado al modelo Multinomial-Poisson mixture (M-Pm) (Royle et al., 2004). Ajustamos el modelo M-Pm a transectos y distancias perpendiculares en intervalos discretos usando la función `distsamp` del paquete *Unmarked* (Fiske & Chandler, 2015) en el lenguaje R (R Core Team, 2018). Estos modelos incluyeron las funciones de detección *Half normal*, *Uniform*, *Hazard rate* y *Negative exponential* en combinación con un modelo nulo para detección y densidad, así como también modelos donde estos parámetros están afectados por las quebradas. Los resultados fueron representados en gráficas construidas con el paquete *ggplot2* (Wickham, 2016). Los datos y el código de análisis están disponibles en el repositorio GitHub ([https://github.com/biodiego88/Publicacion\\_densidad\\_Aspurrelli\\_PNNUtria](https://github.com/biodiego88/Publicacion_densidad_Aspurrelli_PNNUtria)).

Para seleccionar los modelos con mejor ajuste a los datos usamos el Criterio de Información de Akaike corregido para muestras pequeñas (AICc en inglés), en donde los modelos con menor valor de AICc indican el modelo más plausible (Burnham y Anderson, 2002). Realizamos la selección de los modelos con el paquete *AICcmodavg* (Mazerolle, 2017). Usamos el modelo con el mejor ajuste para estimar la densidad y la probabilidad de detección del sapo arlequín del Chocó.

## RESULTADOS

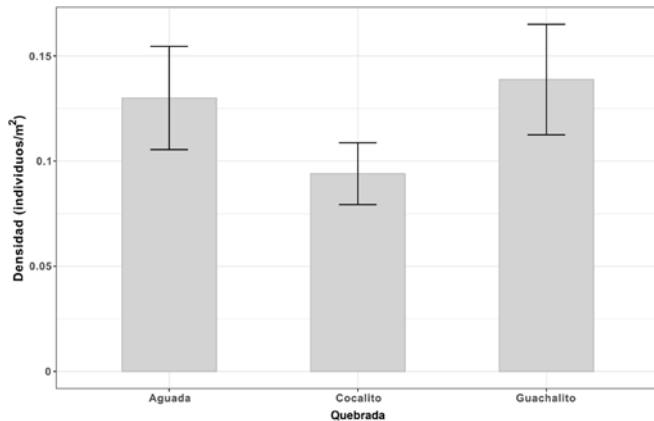
Registramos un total de 191 individuos de *Atelopus spurrelli* de los cuales 62 fueron encontrados en la quebrada Cocalito, 81 en la quebrada la Aguada y 48 en Guachalito. De los individuos observados 97 fueron asignados a la categoría inmaduros (posiblemente 62 individuos postmetamorfos) y 94 a adultos. Observamos 4 parejas en amplexo.

El modelo con mejor ajuste a los datos de distancias perpendiculares representa la función de detección *Hazard rate* con la detección y la densidad del sapo arlequín del Chocó explicada por el tipo de quebrada (Tabla 1). De acuerdo a este modelo, la densidad del sapo arlequín del Chocó fue menor en la quebrada Cocalito con estimaciones de 0.09 individuos/m<sup>2</sup> (error estándar: 0.01; Intervalo de Confianza 95%: 0.07-0.12) en comparación a 0.13 individuos/m<sup>2</sup> (ee: 0.02; IC 95%: 0.1-0.18) en la quebrada La Aguada y 0.14 individuos/m<sup>2</sup> (ee: 0.03; IC 95%: 0.10-0.19) en Guachalito (Fig. 2). La probabilidad de detección fue menor en la quebrada La Aguada con 0.49 (ee: 0.11; IC 95%:

**Table 1.** Multinomial-Poisson mixture models created to identify the model with the best fit to estimate the density of the Chocó harlequin toad (*Atelopus spurrelli*) in the Utría National Natural Park. K: parameters; AICc: corrected Akaike Information Criteria; qda: creek.

**Tabla 1.** Modelos Multinomial-Poisson mixture generados para identificar el modelo con mejor ajuste para estimar la densidad del sapo arlequín del Chocó (*Atelopus spurrelli*) en el Parque Nacional Natural Utría. K: parámetros; AICc: Criterio de Información de Akaike corregido; qda: quebrada.

| Modelo          | Función              | K | AICc   | Delta AICc | Peso AICcWt | Peso acumulado |
|-----------------|----------------------|---|--------|------------|-------------|----------------|
| y(qda) p(qda)   | Hazard rate          | 7 | 60.94  | 0.00       | 1           | 1              |
| y(null) p(null) | Hazard rate          | 3 | 192.17 | 131.23     | 0           | 1              |
| y(null) p(null) | Negative exponential | 2 | 192.68 | 131.74     | 0           | 1              |
| y(null) p(qda)  | Negative exponential | 4 | 201.00 | 140.07     | 0           | 1              |
| y(qda) p(null)  | Negative exponential | 4 | 204.19 | 143.25     | 0           | 1              |
| y(null) p(null) | Half normal          | 2 | 225.63 | 164.69     | 0           | 1              |
| y(null) p(qda)  | Half normal          | 4 | 231.96 | 171.02     | 0           | 1              |
| y(null) p(qda)  | Hazard rate          | 5 | 232.11 | 171.17     | 0           | 1              |
| y(qda) p(null)  | Half normal          | 4 | 237.15 | 176.21     | 0           | 1              |
| y(qda) p(null)  | Hazard rate          | 5 | 238.68 | 177.75     | 0           | 1              |
| y(null) p(qda)  | Uniform              | 1 | 558.64 | 497.70     | 0           | 1              |
| y(null) p(null) | Uniform              | 1 | 558.64 | 497.70     | 0           | 1              |
| y(qda) p(qda)   | Uniform              | 3 | 560.36 | 499.42     | 0           | 1              |
| y(qda) p(null)  | Uniform              | 3 | 560.36 | 499.42     | 0           | 1              |
| y(qda) p(qda)   | Negative exponential | 6 | Inf    | Inf        | 0           | 1              |
| y(qda) p(qda)   | Half normal          | 6 | Inf    | Inf        | 0           | 1              |



**Figure 2.** Population density estimation of the Chocó harlequin toad (*Atelopus spurrelli*) in three creeks of the Utría National Natural Park, Chocó, Colombia. The estimates were based on the model represented by the Hazard rate detection function and the detection probability and density depending on the creek evaluated. Error bars: 95% Confidence intervals.

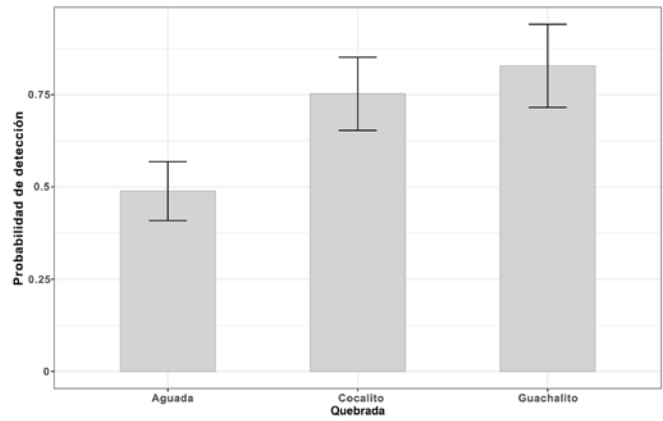
**Figura 2.** Estimación de la densidad poblacional del sapo arlequín del Chocó (*Atelopus spurrelli*) en tres quebradas del Parque Nacional Natural Utría, Chocó, Colombia. Las estimaciones estuvieron basadas en el modelo representado por la función de detección Hazard rate y la probabilidad de detección y densidad dependiendo de la quebrada evaluada. Barras de error: Intervalos de confianza 95%.

0.37-0.64) en comparación a 0.75 (ee: 0.1; IC 95%: 0.6-0.93) en la quebrada Cocalito y 0.83 (ee: 0.11; IC 95%: 0.66-1) en Guachalito (Fig. 3).

## DISCUSIÓN

En el presente estudio evidenciamos una importante proporción de individuos inmaduros, así como algunas parejas amplectantes, tal como se registró en febrero de 2012 en el estudio realizado por Gómez-Hoyos et al. (2014), lo que sugiere actividad reproductiva durante o cercano al periodo de estudio. Sin embargo, es necesario darle continuidad al seguimiento del estado poblacional de la especie para determinar con certeza los periodos de actividad reproductiva de la especie en el PNN Utría.

En este estudio el modelo que mejor se ajustó a los datos de distancias perpendiculares estuvo representado por la función *Hazard rate*. Esta función es diferente a la encontrada en el estudio previo (*Half-normal* y *Hermite polynomial*; Gómez-Hoyos et al., 2014). Estas diferencias en la función de detección se deben posiblemente a los modelos que se usaron, en este estudio se utilizó el modelo *M-Pm* (Royle et al., 2004) y en el anterior se utilizó el muestreo por distancias convencional (Thomas et al., 2010).



**Figure 3.** Detection probability estimation of the Chocó harlequin toad (*Atelopus spurrelli*) in three creeks of the Utría National Natural Park, Chocó, Colombia. The estimates were based on the model represented by the Hazard rate detection function. Error bars: 95% Confidence intervals.

**Figura 3.** Estimación de la probabilidad de detección del sapo arlequín del Chocó (*Atelopus spurrelli*) en tres quebradas del Parque Nacional Natural Utría, Chocó, Colombia. Las estimaciones estuvieron basadas en el modelo representado por la función de detección Hazard rate. Barras de error: Intervalos de confianza 95%.

La densidad promedio del sapo arlequín del Chocó en el PNN Utría (entre 0.09 y 0.14 individuos/m² dependiendo de la quebrada) fue mayor a la calculada a partir de índices para *Atelopus hoogmoedi* en Suriname (Luger et al., 2008) y a la densidad de *A. elegans* en Colombia estimada con modelos de distancias perpendiculares (Gómez-Hoyos et al., 2017), y estuvo en el rango inferior de densidad calculado para *A. varius* en Costa Rica y fue menor a la densidad de *A. ignescens* en Ecuador (La Marca et al., 2005).

En comparación a la misma población estudiada en el 2012 (promedio de 0.03 individuos/m²; Gómez-Hoyos et al., 2014) la densidad del sapo arlequín del Chocó fue mayor. Estas diferencias posiblemente se deben a la representatividad espacial de ambos estudios. En el estudio previo se muestrearon cinco quebradas y nueve transectos (ver Gómez-Hoyos et al., 2014) mientras que en el estudio actual se muestrearon tres quebradas y siete transectos. Estas diferencias en representatividad espacial de ambos estudios pueden influir tanto en las estimaciones de densidad obtenidas como en los modelos con mejor ajuste.

Por otra parte, no descartamos que las diferencias en las estimaciones de densidad de 2012 y las actuales se deban a que las aproximaciones de ambos modelos de distancias perpendiculares (*M-Pm* y convencional) son diferentes: 1) en el

muestreo por distancias convencional usualmente las distancias perpendiculares son exactas (supuesto del modelo; Thomas et al., 2010), mientras que en el multinomial (*M-Pm*) las distancias son intervalos discretos (Royle et al., 2004); 2) el modelo *M-Pm* incluye un efecto de covarianza sobre la abundancia, mientras que el modelo convencional no lo implementa; 3) en el convencional para este caso en particular no se estratificó por tipo de quebrada (Gómez-Hoyos et al., 2014) mientras que en el multinomial la quebrada se usó como covariable para los parámetros de detección y densidad. A pesar de estas diferencias, un estudio que comparó ambas aproximaciones del muestreo por distancias para la Tangara Multicolor (*Chlorochrysa nitidissima*) encontró que los modelos con mejor ajuste representaban la misma función *-Hazard rate-* y las estimaciones de densidad eran similares pero con diferente precisión (Gómez-Hoyos et al., 2018b).

Por lo anterior, se sugiere realizar el seguimiento de la población en varios periodos del año y multianual, para determinar si las diferencias en la densidad de la especie son artefactos de los métodos de análisis y representatividad del muestreo o si realmente ocurren incrementos en la densidad de la población en la época del año muestreada. El seguimiento que se propone también ayudará a identificar los factores biofísicos y antrópicos que tengan efecto sobre la población. Para los factores antrópicos resaltamos la importancia de evaluar la intensidad de tránsito humano que ocurre sobre las quebradas muestreadas y que coincide con las estimaciones de densidad que obtuvimos (menor densidad en quebradas con mayor tránsito humano).

Con fines de un potencial seguimiento de esta población, presentamos algunos aspectos importantes para tener en cuenta:

**Biología del sapo arlequín del Chocó:** La densidad de la especie dependerá potencialmente de la época reproductiva, en la cual se espera que haya mayor agregación en las quebradas por ser su recurso para la reproducción (Lötters, 1996; Lötters, 2007; Gómez-Hoyos et al., 2014). Debido a que el parámetro que se está utilizando para el seguimiento poblacional es la densidad, es necesario disminuir la incertidumbre sobre la distribución espacial y agregación en sitios de reproducción para elegir los periodos en que se realizarán los seguimientos poblacionales multianuales. Para que sean comparables los periodos evaluados sugerimos que haya mayor representatividad espacial en el muestreo, incluyendo áreas por fuera de las quebradas. Esto es necesario para establecer de forma confiable la estabilidad, aumento o disminución de la densidad poblacional y su relación con variables ambientales, factores de amenaza o acciones de conservación.

**Aproximaciones de análisis de datos:** Para objetivos de seguimiento poblacional o programas de monitoreo, es necesario elegir modelos que arrojen estimaciones precisas y que la elección de las covariables tenga sentido biológico o causalidad. Por esta razón la aproximación de los análisis de datos es una parte fundamental en un programa de monitoreo. Como se discutió arriba, las aproximaciones del método de muestreo por distancias incluyen variaciones en su implementación de acuerdo al *software* o paquete (e.g. *Distance*: modelo convencional; *unmarked*: *M-Pm*). Por lo anterior, se recomienda el uso del modelo *M-Pm* porque permite incluir un efecto de covarianza sobre la abundancia y se ha recomendado sobre el muestreo por distancias convencional para otras especies (Gómez-Hoyos et al., 2018b).

Por otra parte, el método por distancias en general permite obtener estimaciones de densidad con un esfuerzo menor relativo a otros métodos, pero no permite la estimación de parámetros demográficos. En la medida de lo posible, recomendamos un estudio demográfico utilizando métodos de captura-recaptura para conocer otros parámetros de la población como supervivencia, reclutamiento y crecimiento poblacional. Luego del estudio demográfico, será posible definir un método menos costoso para el seguimiento de la población y el programa potencial de monitoreo.

**Estimaciones corregidas por detectabilidad:** Para el seguimiento de esta población es necesario continuar con métodos que permitan la corrección de parámetros poblacionales por detectabilidad. El uso de índices de abundancia o densidad no son recomendados porque deben cumplir con los supuestos de detectabilidad constante y perfecta (Kéry et al., 2005). En este estudio y el de otras especies de *Atelopus* (e.g. Lampo et al., 2012; Gómez-Hoyos et al., 2014, 2017; McCaffery et al., 2015; González-Maya et al., 2018) demuestran que la detectabilidad es menor a 1 y es heterogénea espacial y temporalmente, por lo tanto los supuestos de detectabilidad constante y perfecta no se pueden asegurar.

Entonces, es necesario usar modelos que corrijan los parámetros por detectabilidad, en el escenario de un seguimiento poblacional para esta especie y un programa de monitoreo en caso de que se propongan y ejecuten acciones de conservación para el Sapo Arlequín del Chocó.

**Disponibilidad de datos y análisis:** Existe un estudio previo realizado por Gómez-Hoyos et al. (2014) en el que estiman la densidad de *Atelopus spurrelli* en la misma localidad y con el mismo método de muestreo por distancias (con las diferencias

y repercusiones de los diferentes modelos utilizados). Sin embargo, no fue posible acceder a los datos del estudio previo, ya que no fueron liberados con la publicación y no están disponibles por pérdida (Gómez-Hoyos *obs. pers.*).

Por esta razón, se recomienda que los datos e incluso el análisis sean liberados en repositorios (e.g. GitHub, GitLab) para permitir su reanálisis y reducir la incertidumbre en las comparaciones multianuales que se realicen en el seguimiento de la especie. Además, se evita la pérdida de información, se mitigan las barreras para el seguimiento de esta población y se respeta el principio de reproducibilidad de este tipo de estudios. Es posible que un potencial programa de conservación a largo plazo implique cambio de los investigadores involucrados y estos deben tener acceso y entender tanto los datos como las estimaciones previas.

**Implicaciones para el área protegida:** El área protegida proyecta realizar el seguimiento de la especie en las tres quebradas estudiadas, contemplando comparar temporada seca o de bajas lluvias (diciembre a abril) con la temporada de lluvia (mayo a noviembre) en diferentes años, lo que a su vez coincide con periodos de bajo y alto flujo turístico. Esto es importante para el área protegida en términos de la generación y ejecución de medidas de manejo pertinentes.

Es necesario verificar si las densidades de *Atelopus spurrelli* se relacionan con factores biofísicos o antrópicos (e.g. la intensidad de tránsito de personas por las quebradas durante visitas turísticas). Los resultados del presente estudio y su continuidad determinarán el protocolo y los indicadores a incluir en el programa de monitoreo del PNN Utría. El estudio realizado se desarrolló y se proyecta realizar con la participación permanente de funcionarios de planta del área protegida, lo que favorece su ejecución y adaptación a largo plazo. El seguimiento a esta población aporta información valiosa para suplir vacíos de conocimiento del Valor Objeto de Conservación (VOC) Selva Húmeda Tropical y sus componentes, y para la potencial selección de *A. spurrelli* como nuevo VOC de filtro fino. Para el área protegida es importante generar alianzas de investigación que permitan concertar un plan de investigación y conservación para la especie, lo cual requiere del compromiso institucional para la destinación de recursos humanos y financieros.

## CONCLUSIONES

La densidad promedio estimada del sapo arlequín del Chocó fue más baja en la quebrada Cocalito en comparación a las demás quebradas, lo que puede indicar factores que están afectando

la densidad de la especie. Estos factores pueden ser biofísicos, intrínsecos de la especie o de origen antrópico. Es necesario identificar los factores y la magnitud del efecto que tienen sobre los parámetros poblacionales.

Conocer aspectos de la biología e historia natural de *Atelopus spurrelli* es importante en escenarios de un programa potencial de seguimiento y monitoreo de la población del sapo arlequín del Chocó en el PNN Utría. Es importante conocer y definir la época reproductiva, así como las variaciones de la densidad poblacional en este periodo. Esto permitirá tener mayor certidumbre en la definición de los factores que afectan la densidad de la especie y la identificación de indicadores que midan la efectividad de potenciales acciones de conservación.

**Agradecimientos.**— Agradecemos al equipo del Parque Nacional Natural Utría por su apoyo, disposición y aportes para retomar el estudio de la población y por brindar el tiempo y medios logísticos necesarios para el levantamiento de la información de campo. Agradecemos a Lina Valencia de GWC y Maria José Camacho Durán de la Universidad Javeriana por sus aportes relevantes para mejorar este manuscrito. A Maria K. Stahl por la revisión y corrección del resumen en inglés.

## LITERATURA CITADA

- BirdLife International, 2019. Important Bird Areas factsheet: Parque Nacional Natural Ensenada de Utría. <http://www.birdlife.org> [consultado en abril 2019].
- Bolívar, W. & S. Lötters. 2004. *Atelopus spurrelli*. The IUCN Red List of Threatened Species 2004: e.T54556A11167055. Gland, Switzerland. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2004.RLTS.T54556A11167055.en> [consultado abril 2019].
- Burnham, K.P. & D.R. Anderson. 2002. *Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretic approach*. 2nd edition. Springer-Verlag, New York.
- Fiske I. & R. Chandler. 2011. Unmarked: An R Package for Fitting Hierarchical Models of Wildlife Occurrence and Abundance. *Journal of statistical software* 43:1-23.
- Frost, D.R. 2019. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.0. American Museum of Natural History, New York, USA. <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html> [consultado en abril de 2019].

- Gómez-Hoyos, D.A., W. Bolívar-G, C.E. Burbano-Yandi & J.L. García. 2014. Evaluación poblacional y estrategia de monitoreo para *Atelopus spurrelli* en el Parque Nacional Natural Utría, Colombia. *Revista de Biodiversidad Neotropical* 4:104-112.
- Gómez-Hoyos, D.A., T. Suarez-Joaqui, W. Bolívar & J.L. García. 2017. Population assessment strategy for *Atelopus elegans* (Bufonidae) in the Gorgona National Natural Park, Colombia. *North-Western Journal of Zoology* 13:154-158.
- Gómez-Hoyos, D.A., W. Cardona, G.A. González-Durán, S.V. Flechas, G.H. Kattan & J.A. Velasco. 2018a. The population decline of *Atelopus quimbaya* (Anura: Bufonidae) in the Andes of Colombia. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 1:34-42.
- Gómez-Hoyos, D.A., O.H. Marín-Gómez & Y.L. Caicedo Ortiz. 2018b. Multinomial-Poisson mixture models reveal unexpected higher density estimates of an Andean threatened bird. *BioRxiv* pre-print; 11 abril.
- Gómez-Hoyos, D.A., R. Seisdedos-de-Vergara, J. Schipper, R. Allard & J.F. González-Maya. 2020. Potential effect of habitat disturbance on reproduction of the critically endangered harlequin frog *Atelopus varius* in Las Tablas, Costa Rica. *Animal Biodiversity and Conservation* 43:1:1-7.
- González-Maya, J.F., D.A. Gómez-Hoyos, I. Cruz-Lizano & J. Schipper. 2018. From hope to alert: demography of a remnant population of the Critically Endangered *Atelopus varius* from Costa Rica. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 53:194-200.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2017. *Atelopus spurrelli*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T54556A49538284. Gland, Switzerland. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T54556A49538284.en>. [consultado en abril de 2019].
- IUCN, 2019. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2019-1. <http://www.iucnredlist.org> [consultado en Abril de 2019].
- Kéry, M.J., A. Royle & H. Schmid. 2005. Modeling avian abundance from replicated counts using binomial mixture models. *Ecological applications* 15:1450-1461.
- La Marca, E., K.R. Lips, S. Lötters, R. Puschendorf, R. Ibáñez, J.V. Rueda-Almonacid, R. Schulte, C. Marty, F. Castro, J. Manzanilla-Puppo, J.E. García-Pérez, F. Bolaños, G. Chaves, J.A. Pounds, E. Toral & B.E. Young. 2005. Catastrophic population declines and extinctions in Neotropical harlequin frogs (Bufonidae: *Atelopus*). *Biotropica* 37:190-201.
- Lampo, M., J. Celsa Señaris, A. Rodríguez-Contreras, F. Rojas-Runjaic & C.Z. García. 2012. High turnover rates in remnant populations of the harlequin frog *Atelopus cruciger* (Bufonidae): Low risk of extinction? *Biotropica* 44:420-426.
- Lampo, M., J. Celsa Señaris & C.Z. García. 2017. Population dynamics of the critically endangered toad *Atelopus cruciger* and the fungal disease chytridiomycosis. *PloS one* 12:e0179007.
- Lötters, S. 1996. *The neotropical toad genus Atelopus*. Checklist - Biology - Distribution. Köln: M Vences & Glaw Verlags.
- Lötters, S. 2007. The fate of the harlequin toads-help through a synchronous multi-disciplinary approach and the IUCN. Amphibian conservation action plan? *Zoosystematics and Evolution* 83:69-73.
- Mazerolle, M.J. 2017. AICcmodavg: Model selection and multimodel inference based on (Q)AIC(c). R package version 2.1-1. <https://cran.r-project.org/package=AICcmodavg>
- McCaffery, R., C.L. Richards-Zawacki & K.R. Lips. 2015. The demography of *Atelopus* decline: Harlequin frog survival and abundance in central Panama prior to and during a disease outbreak. *Global Ecology and Conservation* 4:232-242.
- R Core Team, 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Ron, S.R., W.E. Duellman, L.A. Coloma & M.R. Bustamante. 2003. Population decline of jambato toad *Atelopus ignescens* (Anura: Bufonidae) in the Andes of Ecuador. *Journal of Herpetology* 37:116-126.
- Royle, J.A., D.K. Dawson & S. Bates. 2004. Modeling abundance effects in distance sampling. *Ecology* 85:1591-1597.
- Thomas, L., S.T. Buckland, E.A. Rexstad, J.L. Laake, S. Strindberg, S.L. Hedley, J.R.B. Bishop, T.A. Marques & K.P. Burnham. 2010. Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *Journal of Applied Ecology* 47:5-14.

Vásquez, V.H. & M.A. Serrano. 2009. *Las áreas naturales protegidas de Colombia*. 1 de. Bogotá: Conservación Internacional, Colombia y Fundación Biocolombia.

Wickham, H. 2016. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York.



# UNA LISTA COMENTADA DE LAS ESPECIES DE ANFIBIOS Y REPTILES CON LOCALIDAD TIPO EN GUERRERO, MÉXICO

## A COMMENTED CHECKLIST OF THE SPECIES OF AMPHIBIANS AND REPTILES WITH TYPE LOCALITY FROM GUERRERO, MEXICO

RICARDO PALACIOS-AGUILAR

*Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera", Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. A. P. 70399, C. P. 04510 Coyoacán, Ciudad de México, México.*

*Posgrado en Ciencias Biológicas, Unidad de Posgrado, Edificio A, 1er Piso, Circuito de Posgrado S/N, Ciudad Universitaria, Universidad Nacional Autónoma de México, C. P. 04510, Coyoacán, Ciudad de México, México.*

*Instituto 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.*

*Correspondencia: ricardopalaciosaguilar@gmail.com*

**Abstract.**— A commented list of the species of amphibians and reptiles with type localities in the state of Guerrero, Mexico is presented. A total of 120 species have been described in the state: 47 amphibians (34 anurans, 13 caudates) and 73 reptiles (38 lizards and 35 snakes) and additionally the type locality restriction of two species of turtles to the state is considered correct. Of the total species registered, 103 are still considered valid taxa (69 reptiles and 44 amphibians) and 60 are endemic to the state. The 1940's was the decade in which the highest number of taxa were described in the region, however in recent decades there has been a renewed interest from many researchers which has resulted in the description of many new species.

**Keywords.**— Endemism, Guerrero, herpetofauna, historical review.

**Resumen.**— Se presenta una lista comentada de las especies de anfibios y reptiles con localidad tipo en el estado de Guerrero, México. Un total de 120 especies han sido descritas en el estado: 47 anfibios (34 anuros, 13 caudados) y 73 reptiles (38 lagartijas y 35 serpientes); adicionalmente, la restricción de las localidades tipo de dos especies de tortugas al estado es considerada correcta. Del total de especies registradas, 103 continúan siendo considerados taxones válidos (69 reptiles y 44 anfibios) y 60 son endémicos al estado. La década de 1940 ha sido el periodo en que más taxones se han descrito en la región, sin embargo, en décadas recientes ha habido un renovado interés por parte de diversos investigadores que se ha traducido en el descubrimiento de nuevas especies.

**Palabras clave.**— Endemismos, Guerrero, herpetofauna, revisión histórica.

## INTRODUCCIÓN

El estado de Guerrero, en el sur de México es una de las regiones con mayor diversidad biológica del país (Flores-Villela & Gerez, 1994). Actualmente su diversidad está estimada en 259 especies de anfibios y reptiles de acuerdo con el último listado (Palacios-Aguilar & Flores-Villela, 2018), pero algunas especies han sido adicionadas a esta lista por diferentes autores en los últimos años. A lo largo de la historia, la exploración de la región ha dado como

resultado el descubrimiento y descripción de un gran número de especies nuevas para la ciencia o especies no documentadas para el estado. En trabajos previos se ha comentado sobre la historia de las recolectas en el estado (Flores-Villela et al., 2004; Palacios-Aguilar & Flores-Villela, 2018). El hecho de que Acapulco haya sido históricamente el puerto de entrada del comercio en el área del Pacífico durante la colonia, influyó en la construcción de caminos transitables y posteriormente carreteras para comunicar al estado con el centro del país, lo que ha influido

en los patrones de recolecta de diferentes grupos biológicos (Bojórquez-Tapia et al., 1994; 1995).

La siguiente lista comentada presenta todas las especies descritas para el estado hasta agosto de 2020 como un esfuerzo para conocer cómo fue avanzando el conocimiento histórico sobre la herpetofauna de Guerrero. Así mismo, se discute la restricción de las localidades tipo de algunos taxones. Esta lista no pretende únicamente recopilar los distintos taxones descritos en Guerrero, sino ser una guía de la literatura especializada en anfibios y reptiles, para cualquier interesado en la herpetofauna de la región, así como de la historia de las recolectas en ella. Esto con la finalidad de hacer disponible la información y facilitar su consulta para aquellas personas que lleven a cabo trabajos de sistemática, e historia de la ciencia, así como a los tomadores de decisiones involucrados en esfuerzos de conservación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los diferentes nombres fueron obtenidos gracias a una búsqueda exhaustiva de la bibliografía especializada, actualizada hasta agosto de 2020. Para los nombres científicos actuales de los diferentes taxones se siguió la propuesta de The Reptile Database (Uetz et al., 2020) y Amphibian Species of the World (Frost, 2020). A pesar de que recientemente Nicholson et al. (2018) sugieren una propuesta taxonómica nueva para las lagartijas del género *Anolis* basándose en los clados obtenidos por la filogenia de Poe et al. (2017), en este trabajo no se sigue dicha propuesta debido a que no ha sido adoptada de manera generalizada por la comunidad herpetológica.

A pesar de que en la actualidad el concepto de subespecie ha caído en desuso, son consideradas como nombres válidos a menos que hayan sido sinonimizadas de manera explícita. Aun cuando en algunos casos el concepto de subespecie puede referirse únicamente a diferencias geográficas dentro de una especie (Hillis, 2020) aquí se considera que una vez que algunas subespecies sean evaluadas con métodos modernos y desde un enfoque integrativo es posible que sean identificadas como linajes evolutivos independientes (i. e. especies). Adicionalmente, un número importante de subespecies han sido elevadas a especies en la herpetofauna de México (Flores-Villela & Canseco-Márquez, 2004) por lo que se las considera un componente relevante de la biodiversidad de anfibios y reptiles del país.

En un gran número de las especies descritas por Hobart M. Smith y Edward H. Taylor entre las décadas de 1930 y 1950 se designaron como tipos ejemplares de la colección personal de

estos autores (EHT-HMS). Actualmente estos ejemplares están depositados en diferentes colecciones de Estados Unidos y se citan los números actualizados de estas como holotipos. Gran parte de estos ejemplares fueron adquiridos por el Field Museum of Natural History y se sigue la lista provisional de tipos de Marx (1976) para asignar el número de catálogo actual. Otros fueron depositados en el U. S. National Museum y la colección de la University of Illinois Museum of Natural History. Los acrónimos de las diferentes colecciones científicas siguen la propuesta de Sabaj (2019).

Se sigue el siguiente formato para cada especie listada:

**Nombre actual** (si hay cambios) **Autor, Año. Nombre original Autor, Año.** Revista en que se publicó, volumen: página en que se describe la especie. Localidad tipo. Holotipo (Número del colector si está disponible). Comentarios (si es pertinente).

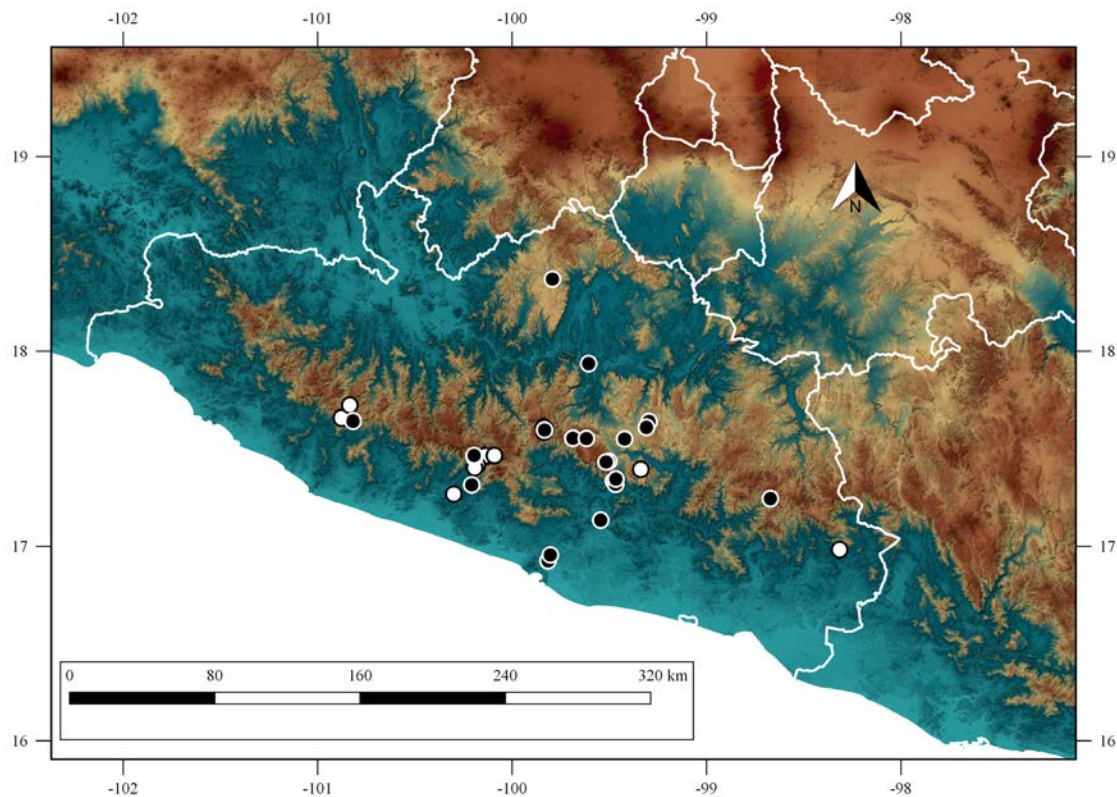
En algunas especies, más de un nombre original puede haber sido incluido en su sinonimia. En estos casos, los nombres originales son acomodados en orden cronológico. Se agrega un asterisco (\*) antes del nombre actual para indicar que el nombre considerado válido actualmente fue descrito originalmente con localidad tipo en Guerrero.

Por motivos de espacio y practicidad, las citas abreviadas de cada taxón enlistado son omitidas de la sección de la literatura citada. Solamente las citas mencionadas en los comentarios y el resto del texto son incluidas (e. g. citas como: Autor [1999] comenta qué...; estudios recientes [Autor, 1999] sugieren...).

## RESULTADOS

Se obtuvieron un total de 120 especies descritas con localidad tipo en el estado, de estas 47 representan anfibios (Fig. 1) y 73 reptiles (Fig. 2), y adicionalmente la localidad tipo de dos especies de tortugas fueron restringidas al estado; 103 continúan siendo nombres válidos a la fecha, 69 reptiles y 44 anfibios, y 60 son endémicos a Guerrero. Se adjunta un archivo disponible en el portal de Open Science Framework (osf.io/vd6f2) en el que pueden ser consultadas las localidades tipo de cada nombre publicado. Se llevó a cabo el esfuerzo de georreferir cada localidad de acuerdo con la información disponible en las publicaciones originales. Sin embargo, en algunos casos sólo se hace mención a una localidad general (e. g. Omilteme [=Omiltemi], Acapulco) y se proporcionan coordenadas aproximadas a la mencionada.

A continuación, se presenta la información detallada para cada taxón.



**Figure 1.** Distribution of type localities of the amphibians of Guerrero, Mexico. Black circles represent anurans and the white ones represent caudates. In some cases, a symbol may represent several species or neighboring dots, due to the proximity to those or the accuracy of the dot.

**Figura 1.** Distribución de las localidades tipo de los anfibios de Guerrero, México. Los círculos negros representan a los anuros y los blancos a los caudados. En algunos casos un símbolo puede representar varias especies o puntos aledaños debido a la proximidad de estos o a la precisión del punto.

## AMPHIBIA

1. *\*Charadrahyla juanitae* (Snyder, 1972). *Hyla juanitae* Snyder, 1972. Journal of Herpetology 6: 5. Localidad tipo: 15 km (by road) NE of San Vicente de Benítez, Guerrero, México, at 1070 m elevation (30 km airline NE of Atoyac de Álvarez), on the SW approaches of Cerro Teotepec, from along a small tributary of the Río Atoyac. Holotipo: KUH 128736 (MN 4750).

2. *\*Charadrahyla pinorum* (Taylor, 1937). *Hyla pinorum* Taylor, 1937. Proceedings of the Biological Society of Washington 50: 46. Localidad tipo: in pines on Mexico-Acapulco highway between kilometers 350 and 351, near a spring known as Agua del Obispo, between the towns of Rincón and Cajones. Holotipo: UIMNH 25049 (EHT-HMS 5972).

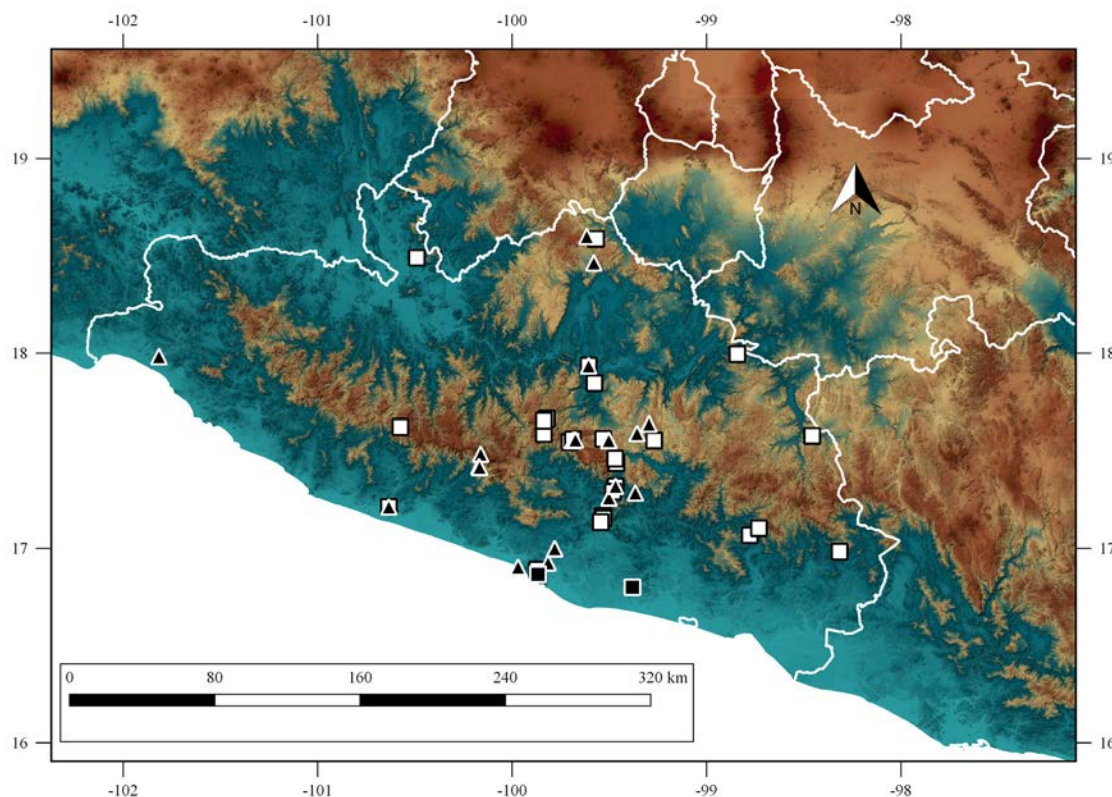
3. *\*Charadrahyla tecuani* Campbell, Blancas-Hernández & Smith, 2009. Copeia 2009 (2): 287. Localidad tipo: Carretera

Bajos del Balzamar-La Sierrita, Sierra Madre del Sur (17.6422° N, 100.8180° W, 1 552 m), Guerrero, Mexico. Holotipo: MZFC 22090 (ENS 11909).

4. *\*Charadrahyla trux* (Adler & Dennis, 1972). *Hyla trux* Adler & Dennis, 1972. Occasional Papers of the Museum of Natural History, University of Kansas 7: 1. Localidad tipo: 11.4 km (by road) southwest of Puerto del Gallo, Guerrero, México [about 35 km airline northeast of Atoyac de Álvarez], elevation 1985 meters. Holotipo: KUH 137551.

5. *\*Craugastor guerreroensis* (Lynch, 1967). *Eleutherodactylus guerreroensis* Lynch, 1967. Proceedings of the Biological Society of Washington 80: 216. Localidad tipo: 3 km N Agua del Obispo, Guerrero, Mexico, 980 m. Holotipo: KUH 86873.

6. *\*Craugastor omiltemanus* (Günther, 1900). *Syrnhaphus omiltemanus* Günther, 1900. Biologia Centrali-Americana,



**Figure 2.** Distribution of type localities of the reptiles of Guerrero, Mexico. White squares represent lizards, the black ones represent turtles and black triangles represent snakes. In some cases, a symbol may represent several species or neighboring dots, due to the proximity to those or the accuracy of the dot.

**Figura 2.** Distribución de las localidades tipo de los reptiles de Guerrero, México. Los cuadros blancos representan a las lagartijas, los negros a las tortugas y los triángulos negros a las serpientes. En algunos casos un símbolo puede representar varias especies o puntos aledaños debido a la proximidad de estos o a la precisión del punto.

Reptilia and Batrachia, Vol. 7, Pt. 155: 216. Localidad tipo: MEXICO, Omilteme in Guerrero 8000 feet. Sintipos (2): BMNH 1901.12.19.7–8. *Hylodes calcitrans* Günther, 1900. Biologia Centrali-Americana, Reptilia and Batrachia, Vol. 7, Pt. 157: 230. Localidad tipo: Mexico, Omilteme in Guerrero, Jalisco (restringido a Omilteme, Guerrero *fide* Smith & Taylor 1948: 62). Sintipos (18): BMNH 1901.12.19.25–43. Comentario: Streicher et al. (2014) consideran que parte de la serie de sintipos de *H. calcitrans* provenientes de Jalisco representan a *C. occidentalis* (BMNH 1901.12.19.35–36); Lynch (1970) considera que los demás ejemplares corresponden a *C. omiltemanus*. Ambas especies (*C. occidentalis* y *C. omiltemanus*) se distribuyen en Guerrero.

7. *Craugastor pygmaeus* (Taylor, 1939 [1940]). *Microbatrachylus minimus* Taylor, 1939 (1940). University of Kansas Science Bulletin 26: 507. Localidad tipo: Agua del Obispo, Guerrero (km. 350) in pine forest. Holotipo: FMNH 100323 (EHT-HMS 6416).

8. *\*Craugastor saltator* (Taylor, 1941). *Eleutherodactylus saltator* Taylor, 1941. Proceedings of the Biological Society of Washington 54: 89. Localidad tipo: Omilteme, Guerrero, about 8,000 ft. Holotipo: FMNH 100116 (EHT-HMS 24301).

9. *\*Craugastor uno* (Savage, 1984). *Eleutherodactylus uno* Savage, 1984. Amphibia-Reptilia 5: 253. Localidad tipo: 12.9 km SW Puerto de Gallo, 2034 m. Holotipo: UTA-A 7984.

10. *\*Dendropsophus sartori* (Smith, 1951). *Hyla microcephala sartori* Smith, 1951. Herpetologica 7: 186. Localidad tipo: 1 mi. N Organos, S of El Treinte, Guerrero. Holotipo: UIMNH 20934.

11. *\*Dryophytes arboricola* (Taylor, 1941). *Hyla arboricola* Taylor, 1941. University of Kansas Science Bulletin 27: 118. Localidad tipo: at an elevation of about 7,000 feet about 6 miles east of Omilteme, Gro., Mexico. Holotipo: FMNH 100131 (EHT-HMS 24556). Comentario: Duellman (1970) consideró esta especie

como un sinónimo de *Hyla eximia* y en trabajos subsecuentes con Hylidae fue omitida (Duellman, 2001; Duellman et al., 2016). Sin embargo, Eliosa León (2002) proporcionó evidencia morfológica para considerarla una especie distinta y estudios moleculares muestran que *D. arboricola* está más emparentada con *D. euphorbiaceus* y *D. plicatus* que con *D. eximius* (Bryson et al., 2014). En Guerrero *D. arboricola* se encuentra en las zonas por arriba de 1700 m en la Sierra Madre del Sur y *D. eximius* en las serranías asociadas a la Faja Volcánica Transmexicana por arriba de los 2200 m (Palacios-Aguilar y Flores-Villela, 2018).

12. **\**Eleutherodactylus albolabris* (Taylor, 1943).** *Tomodactylus albolabris* Taylor, 1943. University of Kansas Science Bulletin, 29: 351. Localidad tipo: Agua del Obispo Guerrero (km. 351). Holotipo: FMNH 100082 (EHT-HMS 29568). Comentario: Lynch (1991) propuso el nombre de reemplazo "*Tomodactylus dixonii*" cuando el taxón *Microbatrachylus albolabris* Taylor, 1940 entró en la sinonimia de *Eleutherodactylus pygmaeus* Taylor, 1937. Actualmente estos últimos dos taxones se encuentran en el género *Craugastor*, por lo que el nombre de reemplazo no es necesario.

13. **\**Eleutherodactylus dilatatus* (Davis & Dixon, 1955).** *Tomodactylus dilatatus* Davis & Dixon, 1955. Localidad tipo: four miles west of Mazatlán, 7400 feet, Guerrero. Herpetologica 11: 155. Holotipo: TCWC 11245 (RWA 2565).

14. **\**Eleutherodactylus erythrochomus* Palacios-Aguilar & Santos-Bibiano, 2020.** Zootaxa 4750 (2): 251. Localidad tipo: Carretera Omitlán-La Venta (Hwy 95), Municipality of Juan R. Escudero (17.1345°N, -99.5445°W, WGS84), 145 m, Guerrero, Mexico. Holotipo: MZFC 33964.

15. ***Eleutherodactylus nitidus* (Peters, 1870).** *Tomodactylus amulae* Günther, 1900. Biología Centrali-Americana, Reptilia and Batrachia, Vol. 7, Pt. 155: 219. Sintipos (4): BMNH 1901.12.19.9–12. Localidad tipo: Mexico, Amula in Guerrero.

16. **\**Eleutherodactylus pipilans* (Taylor, 1940).** *Syrhophus pipilans* Taylor, 1940. Proceedings of the Biological Society of Washington, 53: 95. Localidad tipo: 9 mi. south of Mazatlán, Guerrero, México (km. 337). Holotipo: FMNH 100072 (EHT-HMS 6843).

17. **\**Exerodonta melanomma* (Taylor, 1939 [1940]).** *Hyla melanomma* Taylor, 1939 (1940). University of Kansas Science Bulletin 26: 508. Localidad tipo: 7 miles east of Chilpancingo (Ciudad Bravos), Guerrero, Mexico. Holotipo: FMNH 100074 (EHT-HMS 21578).

18. **\**Hyalinobatrachium viridissimum* (Taylor, 1942).** University of Kansas Science Bulletin 28: 75. Localidad tipo: Agua del Obispo, Guerrero. Holotipo: FMNH 100093 (EHT-HMS 27725). Comentario: Con base en un estudio filogeográfico de *H. fleischmanni sensu lato*, Mendoza et al. (2019) encontraron tres clados que pudieran considerarse como especies candidato. El nombre *Hyalinobatrachium viridissimum* (Taylor, 1942) estaría disponible para las poblaciones que ellos identifican como "Northern clade". En un estudio reciente se resucita el nombre *H. viridissimum* (Taylor, 1942) (Mendoza-Henao et al., 2020) considerando que este debería ser aplicado para las poblaciones de la Sierra Madre del Sur en los estados de Guerrero y Oaxaca, pero que tentativamente se usa también para asignar otras poblaciones en los estados de Chiapas, Oaxaca, Puebla, Tabasco y Veracruz así como las encontradas a ambos lados de la falla de Motagua-Polochic-Jocotán en Guatemala y Honduras hasta que análisis posteriores ayuden a determinar de manera objetiva el status específicos de estas.

19. ***Hypopachus variolosus* (Cope, 1866).** *Hypopachus caprimimus* Taylor, 1939 (1940). University of Kansas Science Bulletin 26: 526. Localidad tipo: Agua del Obispo, Guerrero, in pine forest. Holotipo: FMNH 100086 (EHT-HMS 18149). ***Hypopachus alboventer reticulatus* Davis, 1955.** Herpetologica 11: 71. Localidad tipo: 2 miles south of Almolonga, 5600 feet, Guerrero. Holotipo: TCWC 10855 (RWA 1232).

20. **\**Incilius gemmifer* (Taylor, 1939 [1940]).** *Bufo gemmifer* Taylor, 1939 (1940). University of Kansas Science Bulletin 26: 490. Localidad tipo: El Limoncito, near La Venta, Guerrero. Holotipo: FMNH 100026 (EHT-HMS 18509).

21. **\**Incilius perplexus* (Taylor, 1943).** *Bufo perplexus* Taylor, 1943. University of Kansas Science Bulletin 29: 347. Localidad tipo: Near the edge of the Balsas river, near the town of Mexcala, Guerrero, México. Holotipo: FMNH 100053 (EHT-HMS 707).

22. **\**Lithobates omiltemanus* (Günther, 1900).** *Rana omiltemana* Günther, 1900 Biología Centrali-Americana, Reptilia and Batrachia, Vol. 7, Pt. 153: 200. Localidad tipo: Mexico, Omilteme in Guerrero 8000 feet. Sintipos (5): BMNH 1895.7.15.31–35.

23. **\**Lithobates sierramadrensis* (Taylor, 1939).** *Rana sierramadrensis* Taylor, 1939. University of Kansas Science Bulletin 25: 397. Localidad tipo: Near Agua de Obispo, between Rincón and Cajones, Guerrero. Holotipo: FMNH 100038 (EHT-HMS 3963B).

24. *\*Lithobates zweifeli* (Hillis, Frost & Webb, 1984). *Rana zweifeli* Hillis, Frost & Webb, 1984. Copeia 1984: 399. Localidad tipo: 12 km E (by road) of Teloloapan, Guerrero, Mexico. Holotipo: KUH 192446.
25. *\*Ptychohyla leonhardschultzei* (Ahl, 1934). *Hyla leonardschultzei* Ahl, 1934. Zoological Anzeiger 106: 185. Localidad tipo: Malinaltepec. Sintipo: ZMB 34353. Comentarios: La localidad tipo se encuentra en la porción sureste de la Sierra Madre del Sur de Guerrero, localmente conocida como Montaña. *Ptychohyla adipovertris* Taylor, 1944. University of Kansas Science Bulletin 30: 41. Localidad tipo: Agua del Obispo, Guerrero, México. Holotipo: UIMNH 25047 (EHT-HMS 21592). Comentario: Taylor (1944) erigió el género *Ptychohyla* originalmente para albergar esta especie hasta que Duellman (1960) la sinonimizó con *P. leonhardschultzei*.
26. *\*Quilticohyla erythromma* (Taylor, 1937). *Hyla erythromma* Taylor, 1937. Proceedings of the Biological Society of Washington 50: 48. Localidad tipo: in pines along Mexico-Acapulco highway at km. 350, near a spring known as Agua del Obispo, between Rincon and Cajones. Holotipo: FMNH 100083 (EHT-HMS 5976).
- Comentario: Algunos autores consideraban que esta especie estaba presente también en el estado de Oaxaca, en la Sierra de Juárez, (Campbell & Smith, 1992; Duellman, 1970). Sin embargo, Campbell y Duellman (2000) posteriormente describieron dichas poblaciones como *Hyla* (= *Quilticohyla*) *acrochorda*. Esta especie es rara en colecciones y no se han recolectado machos adultos, la mayoría de los ejemplares son juveniles o metamorfos. El ejemplar ilustrado en Caviedes-Solis et al. (2015: 235) representa a *Charadrahyla pinorum* (Taylor, 1937).
27. *\*Sarcohyla chryses* (Adler, 1965). *Hyla chryses* Adler, 1965. Occasional Papers of the Museum of Zoology, University of Michigan 642: 1. Localidad tipo: between "Puerto Chico" and "Asoleadero" [about 45 km airline WNW of Chilpancingo], Guerrero, 2540-2600 m. Holotipo: UMMZ 125374 (GH 9274).
28. *\*Sarcohyla floresi* Kaplan, Heimes & Aguilar, 2020. Zootaxa 4743 (3): 383. Localidad tipo: Sierra del Alquitrán, 2128 m (17° 26' N 99° 31' W), south of Chilpancingo and west of Mazatlán, Guerrero, Mexico. Holotipo: UMMZ 239718 (MK 774). Comentario: Esta especie fue reportada como *S. pentheter* por diversos autores (e. g. Campbell & Duellman, 2000; Palacios-Aguilar & Flores-Villela, 2018). Sin embargo, Zarza y colaboradores (2018) con base en evidencia molecular reconocen a las poblaciones del centro y oeste de la Sierra Madre del Sur de Guerrero y sur del Estado de México como una especie diferente a *S. pentheter*, por lo que se describió *S. floresi* para nombrarlas. A pesar de esto, hay poblaciones en la porción este de la Sierra Madre del Sur de Guerrero que no han sido incluidas en ningún análisis molecular y que aún quedan en duda respecto a si representan *S. floresi* o *S. pentheter* (RPA, observaciones personales).
29. *\*Sarcohyla mykter* (Adler & Dennis, 1972). *Hyla mykter* Adler & Dennis, 1972. Occasional Papers of the Museum of Natural History, University of Kansas 7: 8. Localidad tipo: 11.4 km (by road) southwest of Puerto del Gallo, Guerrero, México [about 35 km airline northeast of Atoyac de Álvarez], elevation 1985 meters. Holotipo: KUH 137553.
30. *\*Sarcohyla toyota* Grünwald, Franz-Chávez, Morales-Flores, Ahumada-Carrillo & Jones, 2019. Zootaxa 4712: 347. Localidad tipo: Mexico: Guerrero: 11.4 km (by road) SW of Puerto del Gallo, Municipio de Atoyac de Álvarez, 2020 masl. Holotipo: MZFC 34666 (CIG-1066). Comentario: Esta especie fue previamente considerada como *S. thorectes* por diferentes autores (e. g. Duellman, 1970, 2001; Palacios-Aguilar & Flores-Villela, 2018).
31. *Trachycephalus 'vermiculaticeps'* (Cope, 1877). *Acrodytes inflatus* Taylor, 1944. University of Kansas Science Bulletin 30: 64. Localidad tipo: Near La Venta, Guerrero, Mexico. Holotipo: FMNH 100046 (EHT-HMS 17890). Comentario: Ron et al. (2016) con base en un estudio molecular, morfológico y revisión del material tipo consideran que *T. typhonius sensu stricto* debe ser aplicado a poblaciones de Surinam, y las Guayanas, proponiendo nuevas combinaciones para las poblaciones de Perú y Ecuador previamente asignadas a este taxón. Sin embargo, esta acción nomenclatural deja sin nombre a las poblaciones desde México hacia el oeste de los Andes. Frost (11 noviembre 2015) propone como nombre provisional *T. vermiculaticeps* en espera de que una revisión detallada de estas poblaciones y sus múltiples sinónimos aclaren el estatus taxonómico.
32. *\*Bolitoglossa coaxtlahuacana* Palacios-Aguilar, Cisneros-Bernal, Arias-Montiel & Parra-Olea, 2020. Canadian Journal of Zoology 98: 360. Localidad tipo: 730 m NE Coaxtlahuacán, municipality of Mochitlán (17.39592°N, 99.33838°W), Guerrero, Mexico, 1800 m elevation. Holotipo: MZFC 32985 (RPA 217).
33. *\*Bolitoglossa hermosa* Papenfuss, Wake & Adler, 1983. Journal of Herpetology 17 (4): 295. Localidad tipo: 4.2 km (by road) E of Rio Santiago, elevation 825m, Guerrero, Mexico. Holotipo: MVZ 143804.

34. *\*Pseudoeurycea ahuiyotl* Adler, 1996. Occasional Papers of the Natural History Museum, University of Kansas 177: 5. Localidad tipo: 9.4 km (by road) NE of Puerto del Gallo (an abandoned lumber camp), Guerrero, Mexico, at an elevation of 3296 m on the southern slope of the Cerro Teotepec (17°28'N, 100°08'W). Holotipo: KUH 182509.
35. *\*Pseudoeurycea amuzga* Pérez-Ramos & Saldaña-De La Riva, 2003. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 89: 57. Localidad tipo: bosque mixto de pino y encino situado a 1 km al noroeste del Cerro Pico del Águila en la Sierra de Malinaltepec, aproximadamente a los 16° 57' N y 98° 19' W y 1740 m de elevación. Holotipo: MZFC 10130. Comentario: Esta especie fue descrita en una revista digital en el año 2000 (Pérez-Ramos & Saldaña de la Riva, 2000). Esta acción nomenclatural es inválida por lo que se debe considerar como año de publicación el 2003. Adicionalmente, hay confusión respecto a la localidad tipo de la especie (ver comentario en *Xenosaurus penai*).
36. *\*Pseudoeurycea kuautili* Campbell, Brodie, Blancas-Hernández & Smith, 2013. South American Journal of Herpetology 8 (3): 198. Localidad tipo: Near La Ola (17.65826° N, 100.87699° W, 1 910 m.), Guerrero, Mexico. Holotipo: UTA A-62215 (ENS 11862).
37. *\*Pseudoeurycea mixcoatl* Adler, 1996. Occasional Papers of the Natural History Museum, University of Kansas 177: 16. Localidad tipo: Asoleadero (an abandoned lumber camp and sawmill; 17°36'N, 99°52'W), Guerrero, Mexico, at an elevation of 8500 ft (=2600 m). Holotipo: KUH 221957.
38. *\*Pseudoeurycea tenchalli* Adler, 1996. Occasional Papers of the Natural History Museum, University of Kansas 177: 14. Localidad tipo: 6.4 km (by road) SW Caballos (17°39'N, 99°50'W), Guerrero, Mexico, at an elevation of 2560 m. Holotipo: KUH 182505. Comentarios: La localidad tipo es cercana al poblado de Filo de Caballo (Puerto General Nicolás Bravo), municipio de Leonardo Bravo.
39. *\*Pseudoeurycea teotepec* Adler, 1996. Occasional Papers of the Natural History Museum, University of Kansas 177: 9. Localidad tipo: southern slope of Cerro Teotepec (17°28'N, 100°08'W), above the highest crest of the Milpillillas-Atoyac Road on Cerro Teotepec just east of Puerto del Gallo (an abandoned lumber camp), Guerrero, Mexico, at an elevation of about 3425 m. Holotipo: UMMZ 125896.
- Comentarios: Adler (1996) menciona que los datos de localidad asociados al único ejemplar conocido de la especie son "3150-3450 m, 79 road miles west of Xochipala" en el catálogo del museo en que está depositado, pero las notas de los recolectores tienen la anotación "halfway to road" previa a estos datos. Adler interpreta que de acuerdo con estas especificaciones el punto de recolecta debe ser el Cerro de Teotepec.
40. *\*Pseudoeurycea tlahuicloh* Adler, 1996. Occasional Papers of the Natural History Museum, University of Kansas 177: 10. Localidad tipo: eastern approaches to Cerro Teotepec (17°28'N, 100°08'W), along the Milpillillas-Atoyac Road, 50.3 km (by road) W Cruz de Ocote, Guerrero, Mexico, at an elevation of 9725 feet (=2966 m). Holotipo: KUH 221955.
41. *\*Thorius grandis* Hanken, Wake & Freeman, 1999. Copeia 1999: 923. Localidad tipo: Puerto del Gallo, Guerrero, México, elevation 2500 m. Holotipo: MVZ 183384.
42. *\*Thorius hankeni* Campbell, Brodie, Flores-Villela & Smith, 2014. South American Journal of Herpetology 9: 47. Localidad tipo: Along the Carretera La Ola to San Antonio Texas (17.72205° N, 100.83468° W, 2 693 m), Sierra Madre del Sur, Guerrero, Mexico. Holotipo: UTA A-62252 (ENS 11874).
43. *\*Thorius infernalis* Hanken, Wake & Freeman, 1999. Copeia 1999: 926. Localidad tipo: 13.7 km northeast (road from Atoyac to Puerto del Gallo) of El Paraíso, Guerrero, México, elevation 1140 m. Holotipo: MVZ 183426.
44. *\*Thorius omiltemi* Hanken, Wake & Freeman, 1999. Copeia 1999: 918. Localidad tipo: 3.2 km SW of Carrizal de Bravos, Guerrero, México, elevation 2400 m. Holotipo: MVZ 110916.

## REPTILIA

1. *\*Abronia martindelcampoi* Flores-Villela & Sánchez-H, 2003. Herpetologica 59(4): 527. Localidad tipo: Mexico, Guerrero, Chilpancingo, Omiltemi, Orilla Norte in oak forest at 2250 m. Holotipo: MZFC 2778 (AMA 033). Comentario: Smith y Taylor (1950) restringieron la localidad tipo de *A. deppii* a Omiltemi, Guerrero por error ya que este taxón fue confundido con *A. martindelcampoi* durante gran parte del siglo XX. Campbell y Frost (1993) reportan esta especie en su monográfico como *Abronia* species "Guerrero".
2. *\*Anolis brianjuliani* (Köhler, Petersen & Méndez De La Cruz, 2019). *Norops brianjuliani* Köhler, Petersen & Méndez De La Cruz, 2019. Vertebrate Zoology 69(2): 149. Localidad tipo: Near Encino Blanco, along road from Santa Cruz El Rincón to Tlapa (17.10336°N, 98.73065°W, WGS84), 2055 m, Estado de Guerrero, Mexico. Holotipo: SMF 96360 (GK 4240).

3. *\*Anolis dunni* Smith, 1936. Copeia 1936: 9. Localidad tipo: high mountains, within the evergreen zone, between Rincón and Cajones, Guerrero. Holotipo: FMNH 100109 (EHT-HMS 1506).
4. *\*Anolis gadovii* Boulenger, 1905. Proceedings of the Zoological Society of London 1905: 245. Localidad tipo: Tierra Colorada, South Guerrero. Sintipo: BMNH 1946.8.13.1.
5. *\*Anolis liogaster* Boulenger, 1905. Proceedings of the Zoological Society of London 1905: 245. Localidad tipo: Omilteme, 7600 ft. Sintipos (2): BMNH 1946.8.8.53–54 (originalmente 1906.6.1.157–158, fide Muñoz-Alonso y Flores-Villela, 1990). *Anolis adleri* Smith, 1972. Journal of Herpetology 6: 179. Localidad tipo: 2.2 km (by road) W Patio de Aviación, Guerrero, Mexico, 2160 m. Holotipo: UMMZ 131685.
6. *\*Anolis megapholidotus* Smith, 1933. Transactions of the Kansas Academy of Science, 36: 318. Localidad tipo: between Rincon and Cajones (about 40-45 kilometers south of Chilpancingo), Guerrero, Mexico. Holotipo: FMNH 100105 (EHT-HMS 1509).
7. *\*Anolis microlepidotus* Davis, 1954. Herpetologica 10: 4. Localidad tipo: four miles west of Chilpancingo, 5800 feet, Guerrero. Holotipo: TCWC 10276 (TWM 67).
8. *\*Anolis nietoi* Köhler, Gómez-Trejo Pérez, Petersen & Méndez- De la Cruz, 2014. Zootaxa 3862: 33. Localidad tipo: Cascada Iliatenco (17.06753° N, 98.77796° W, WGS84), 1185 m, Estado de Guerrero, Mexico. Holotipo: SMF 96404 (GK-4260). Comentario: De acuerdo con la descripción original esta especie fue reportada por Ahl (1934: 185) como *A. nebuloides* en la localidad de Malinaltepec. Ver comentario en *Hyla leonard-schultzei* para más detalles sobre esta localidad.
9. *\*Anolis omiltemanus* Davis, 1954. Herpetologica 10: 2. Localidad tipo: two miles west of Omiltemi, 7800 feet, Guerrero. Holotipo: TCWC 10278 (RWA 432).
10. *\*Anolis subocularis* Davis, 1954. Herpetologica 10: 3. Localidad tipo: one mile southwest of Tierra Colorada, 900 ft., Guerrero. Holotipo: TCWC 8675 (RWA 309). Comentario: Parte de la serie tipo de esta especie fue registrada como *A. nebuloides* por Smith (1933: 315).
11. *\*Anolis taylori* Smith & Spieler, 1945. Copeia 1945: 165. Localidad tipo: in the hills about one mile north of Acapulco, Guerrero. Holotipo: USNM 132358 (EHT-HMS 10085).
12. *\*Aspidoscelis deppei infernalis* (Duellman & Wellman, 1960). *Cnemidophorus deppei infernalis* Duellman & Wellman, 1960. Miscellaneous Publications, Museum of Zoology, University of Michigan 111: 32. Localidad tipo: Mexcala, Guerrero, México (on Río Balsas at an elevation of 370 meters). Holotipo: UMMZ 114783 (WED 9361).
13. *\*Bipes tridactylus* (Dugès, 1894). *Hemichirotes tridactylus* Dugès in Cope, 1894. The American Naturalist 28: 437. Localidad tipo: Tecpan, en Guerrero (ver comentario). Holotipo: MDUG 127. Comentarios: Originalmente esta especie fue descrita como el tipo del género *Hemichirotes* pero fue transferido al género *Bipes* por Smith & Necker (1944). Esta especie fue descrita el mismo año por Dugès en La Naturaleza (1894: 411). En la publicación de Cope (1894) se menciona como origen del tipo “Guerrero, Mexico” mientras que Dugès (1894) menciona una localidad más precisa.
14. *\*Holcosus dextrus* (Smith & Lafe, 1946). *Ameiva undulata dextra* Smith & Lafe, 1946. University of Kansas Science Bulletin 31: 54. Localidad tipo: Near Rincón, Guerrero. Holotipo: FMNH 100080 (EHT-HMS 11966). Comentario: Meza-Lázaro y Nieto-Montes de Oca (2015) elevaron algunas subespecies de *Holcosus undulatus* a especie y sugieren la existencia de especies crípticas no descritas. Estos cambios no han sido adoptados por The Reptile Database (consultado 31 agosto de 2020).
15. *\*Lepidophyma inagoi* Palacios-Aguilar, Santos-Bibiano & Flores-Villela, 2018. Journal of Herpetology 52: 327. Localidad tipo: Carretera Omitlán-La Venta, Municipality of Juan R. Escudero (17.1345°N, -99.5445°W; Datum=WGS-84), elevation 145 m, Guerrero, Mexico. Holotipo: MZFC 30706 (RPA 179). Comentario: Esta especie fue reportada previamente por Mendoza-Hernández y Santos-Barrera (2004) como *L. smithii*.
16. *\*Mesaspis gadovii* (Boulenger, 1913). *Gerrhonotus gadovii* Boulenger, 1913. Annals and Magazine of Natural History 12: 564. Localidad tipo: Omilteme, Guerrero, Southern Mexico. Sintipos: BMNH 1946.8.8.4–15, 1946.8.29.44–45.
17. *\*Phrynosomasherbrookei* Nieto-Montes de Oca, Arenas-Moreno, Beltrán-Sánchez & Leaché, 2014. Herpetologica 70: 246. Localidad tipo: Tenexatlajco, municipality of Chilapa de Álvarez, Guerrero, México, 17. 55437° N, 99.26973° W (datum = WGS84 for all localities), 1 997 m in elevation. Holotipo: MZFC 28101 (ADL 4173). Comentario: Esta especie fue reportada como *P. braconieri* por Jiménez-Arcos et al. (2014 a, b).
18. *\*Phyllodactylus bordai* Taylor, 1942. University of Kansas Science Bulletin 28: 93. Localidad tipo: about six miles

north of Taxco, Guerrero, Mexico, under a rock, at an elevation of about 5,600 ft. Holotipo: UIMNH 25060 (EHT-HMS 27732).

19. *\*Phyllodactylus delcampoi* Mosauer, 1936. Copeia 1936: 141. Localidad tipo: Tierra Colorada, Guerrero. Holotipo: MCZ 41238.

20. *\*Phyllodactylus kropotkini* Ramírez-Reyes & Flores-Villela, 2018. Zootaxa 4407(2): 171. Localidad tipo: Nueva Filadelfia (Huerta Vieja) in the municipality of Tlapachula, Guerrero (18.29 N, -100.49 W WGS84). Holotipo: MZFC 28736.

21. *\*Phyllodactylus lanei* Smith, 1935. University of Kansas Science Bulletin 22: 125. Localidad tipo: Near Tierra Colorada, Guerrero, Mexico. Holotipo: FMNH 100067 (EHT-HMS 1461). *Phyllodactylus magnatuberculatus* Taylor, 1939 (1940). University of Kansas Science Bulletin 26: 547. Localidad tipo: Acapulco, Guerrero, Mexico. Holotipo: UIMNH 25059 (EHT-HMS 10995). Comentario: Dixon (1964: 104) considera esta especie un híbrido entre *P. lanei* y *P. tuberculosus magnus* y la sinonimiza con la primera al considerar que la mayoría de los caracteres presentes en el holotipo asemejan más a *P. lanei*.

22. *\*Phyllodactylus papenfussi* Murphy, Blair & Mendez-De la Cruz, 2009. South American Journal of Herpetology 4 (1): 20. Localidad tipo: 10.8 km (by road) south of Mezcala on old Hwy 95 (17°50'44" N, 99°34'36" W, 594 m) Guerrero, Mexico. Holotipo: ROM 45098 (ROM 35313, serie de campo).

23. *\*Phyllodactylus tuberculosus magnus* (Taylor, 1942). *Phyllodactylus magnus* Taylor, 1942. University of Kansas Science Bulletin 28: 99. Localidad tipo: Tierra Colorada, Guerrero. Holotipo: FMNH 100005 (EHT-HMS 21783). Comentario: McCranie (2018) considera que la especie *P. tuberculosus* es un complejo y que de ser consideradas como taxones diferentes este nombre sería correctamente aplicado a las poblaciones centroamericanas, mientras que las poblaciones del Pacífico de México recibirían el nombre *P. magnus* Taylor, 1942.

En un estudio reciente, usando métodos filogenómicos, Ramírez-Reyes et al. (2020) sugieren que las poblaciones mexicanas asignadas a *P. t. magnus* y *P. t. saxatilis* por estos autores están compuestos por diferentes linajes, sugiriendo una gran diversidad críptica en dichos taxones y una divergencia aproximada entre los distintos linajes de 32 millones de años. Es necesaria una revisión exhaustiva del género *Phyllodactylus* usando una metodología integrativa tanto en el muestreo y análisis de datos como de los ejemplares tipo y su historia

taxonómica antes de aplicar cambios nomenclaturales.

24. *\*Plestiodon lotus* Pavón-Vázquez, Nieto-Montes de Oca, Mendoza-Hernández, Centenero-Alcalá, Santa Cruz-Padilla & Jiménez-Arcos, 2017. Zootaxa 4365(2): 156. Localidad tipo: 5.6 km N Xixila, Municipality of Olinalá, Guerrero, Mexico, 17°59'42" N, 98°50'32" W (datum = WGS84), 1525 m elevation. Holotipo: MZFC 30621.

25. *\*Plestiodon nietoi* Feria-Ortiz & García-Vázquez, 2012. Zootaxa 3339: 58. Localidad tipo: La Llave, El Balcón, Ajuchitan del Progreso (17°37'21.9" N, 100°34'29.3" W, 1 831 m), Guerrero, Mexico. Holotipo: MZFC 22249 (JCBH 115).

26. *\*Plestiodon ochoterrenae* (Taylor, 1933). *Eumeces ochoterrenae* Taylor, 1933. Proceedings of the Biological Society of Washington 46: 129. Localidad tipo: Mazatlan (4 miles north of Chilpancingo), Guerrero. Holotipo: FMNH 100119 (EHT-HMS 1015). Comentario: Esta localidad realmente está al sur de Chilpancingo.

27. *\*Sceloporus adleri* Smith & Savitzky, 1972. Journal of Herpetology 8 (4): 297. Localidad tipo: Asoleadero, Guerrero, Mexico, 2520 m. Holotipo: UMMZ 131689 (MN 4466).

28. *\*Sceloporus druckercolini* Pérez-Ramos & Saldaña-de La Riva, 2008. Bulletin of the Maryland Herpetological Society 44 (3): 78. Localidad tipo: 1.5 km NE Filo de Caballo, 2170 m, in pine-oak forest in the central part of Sierra Madre del Sur, W of Chilpancingo, Guerrero, México. Holotipo: CNAR 6362-6. Comentario: Esta especie fue considerada por Smith et al. (2001) y Saldaña de la Riva y Pérez-Ramos (1987) como *Sceloporus stejnegeri* (registros de Filo de Caballo).

29. *\*Sceloporus gadoviae* Boulenger, 1905. Proceedings of the Zoological Society of London 1905: 246. Localidad tipo: a ravine near Mesquititlan, north of Chilpancingo, Guerrero. Sintipos (2): BMNH 1946.8.30.11-12.

30. *\*Sceloporus melanorhinus calligaster* Smith, 1942. Proceedings of the United States National Museum 92: 360. Localidad tipo: Acapulco, Guerrero. Holotipo: USNM 112201.

31. *\*Sceloporus ochoterrenae* Smith, 1934. Transactions of the Kansas Academy of Science 37: 269. Localidad tipo: two miles north of Mazatlán (12 miles south of Chilpancingo), Guerrero, Mexico. Holotipo: FMNH 100052 (EHT-HMS 7158).

32. *\*Sceloporus omiltemanus* Günther, 1890. *Biologia Centrali-Americana, Reptilia and Batrachia*, Vol. 7, Pt. 83: 66. Localidad tipo: Mexico, Omilteme in the State of Guerrero 8000 feet. Sintipos (5): BMNH 1946.8.30.13–17.
33. *\*Sceloporus scitulus* (Smith, 1942). *Sceloporus formosus scitulus* Smith, 1942. *Proceedings of the United States National Museum* 92: 352. Localidad tipo: Omilteme, Guerrero. Holotipo: FMNH 100012 (EHT-HMS 26962).
34. *\*Sceloporus stejnegeri* Smith, 1942. *Proceedings of the United States National Museum* 92: 350. Localidad tipo: Tierra Colorada, Guerrero. Holotipo: USNM 112635. Comentario: Ver comentario bajo *S. druckercolini*. El intervalo altitudinal propuesto por Pérez-Ramos y Saldaña de la Riva (2008) para esta especie (50-1400 m) no está sustentado por ejemplares u observaciones en campo sino en una comunicación personal de E. N. Smith (Pérez-Ramos & Saldaña de la Riva 2008: 81).
35. *\*Xenosaurus penai* Pérez-Ramos, Saldaña de la Riva & Campbell, 2000. *Herpetologica* 56 (4): 501. Localidad tipo: Cerro Yucuchinio, 1 km NW Cerro Pico del Águila, 1735 m, southeastern Guerrero, Mexico. [...] This site lies in pine-oak forest in the Sierra de Malinaltepec at about 16° 57' N, 98° 19' W. Holotipo: CNAR 6414. Comentario: Dos taxones fueron descritos por Pérez Ramos y Saldaña de la Riva, de la región de Tlacoachistlahuaca: *Pseudoeurycea amuzga* y *Xenosaurus penai*. En la descripción original de ambas especies se citan las coordenadas aproximadas 16° 57' N, 98° 19' W correspondientes a un punto en una serranía al norte de Tlacoachistlahuaca, Guerrero por debajo de los 1000 m sobre el nivel del mar; elevación inferior a las registradas en las descripciones (1645–1740).
- Mediante la revisión de las notas de campo de E. Pérez Ramos, fue posible constatar que hubo un error al transcribir la latitud aproximada, de 16° 59' N a 16° 57'. La primera localidad se sitúa en un punto a 3.6 km al norte de la localidad registrada en ambos artículos, aproximadamente a 1600 m. Se sugiere que la localidad tipo de ambos taxones debe ser corregida a las coordenadas aproximadas 16° 59' N, 98° 19' W tal como se registra en las notas de campo de E. Pérez Ramos.
36. *Sceloporus grammicus* Wiegmann, 1828. *Sceloporus rubriventris* Günther, 1890. *Biologia Centrali-Americana, Reptilia and Batrachia*, Vol. 7, Pt. 83: 72. Localidad tipo: Mexico, Omilteme in Guerrero. Sintipos (2): BMNH 1946.8.10.23–24 (originalmente 1889.11.13.54–55). Comentario: La restricción de la localidad tipo de *S. grammicus* y *S. pleurostictus* por Smith y Taylor (1950) a Chilpancingo, Guerrero aparentemente es errónea ya que Ferdinand Deppe, quien recolectó los ejemplares tipo de ambas especies, nunca visitó Guerrero (Flores-Villela et al., 2004).
37. *\*Coniophanes fissidens dispersus* Smith, 1942. *Proceedings of the United States National Museum* 91: 106. Localidad tipo: El Limoncito, Guerrero. Holotipo: FMNH 100130.
38. *\*Coniophanes taylori* (Hall, 1951). *Coniophanes piceivittis taylori* Hall, 1951. *University of Kansas Science Bulletin* 34: 208. Localidad tipo: Agua del Obispo, Gro. Holotipo: FMNH 100868 (EHT-HMS 23523).
39. *\*Crotalus ericsmithi* Campbell & Flores-Villela, 2008. *Herpetologica* 64 (2): 246–257. Localidad tipo: Carretera La Laguna-Bajitos de la Laguna (17.55330° N, 100.77472° W, 1 037 m), Sierra Madre del Sur, Guerrero, Mexico. Holotipo: UTA-R 55372.
40. *\*Crotalus exiguus* (Campbell & Armstrong, 1979). *Sistrurus ravus exiguus* Campbell & Armstrong, 1979. *Herpetologica* 35: 310. Localidad tipo: 1.6 km E Omilteme, Guerrero, elevation 2090 m. Holotipo: UTA-R 4533 (JAC 814).
41. *\*Crotalus intermedius omiltemanus* (Günther, 1895). *Crotalus omiltemanus* Günther, 1895. *Biologia Centrali-Americana, Reptilia and Batrachia*, Vol. 7, Pt. 152: 192. Localidad tipo: Mexico, Omilteme in Guerrero. Sintipos (2): BMNH 1946.1.19.28–29 (originalmente ambos BMNH 93.3.15.11).
42. *\*Crotalus tlaloci* Bryson, Linkem, Dorcas, Lathrop, Jones, Alvarado-Díaz, Grünwald & Murphy, 2014. *Zootaxa* 3823(3): 483. Localidad tipo: “Los Llanos” (18°36'N, 99°37'W; 2200–2300 m above sea level; asl hereafter), 10 km by road from Taxco to Tetipac, Sierra de Taxco, municipality of Tetipac, state of Guerrero, Mexico. Holotipo: MZFC 3666. Comentario: Originalmente reportada para Guerrero como *C. triseriatus* por Flores-Villela y Hernández-García (1989).
43. *\*Epictia schneideri* Wallach, 2016. *Mesoamerican Herpetology* 3: 279. Localidad tipo: 1.7 km SW Colotlipa, Guerrero, Mexico, 17°23'46"N, 99°10'48"W, elev. 825 m asl. Holotipo: TCWC 9450 (RWA 543).
44. *\*Ficimia ruspator* Smith & Taylor, 1941. *Journal of the Washington Academy of Sciences* 31: 364. Localidad tipo: 3 miles east of Tixtla (about 10 miles east of Chilpancingo), Guerrero. Holotipo: UIMNH 25064 (EHT-HMS 23646).

45. *\*Geophis occabus* Pavón-Vázquez, García-Vázquez, Blancas-Hernández & Nieto-Montes de Oca, 2011. *Herpetologica* 67 (3): 334. Localidad tipo: El Molote, Municipality of Atoyac de Álvarez (17° 25' 14.4" N, 100° 10' 15.7" W, 1787m), Guerrero, México. Holotipo: MZFC 25530. Comentarios: Downs (1967) registró un ejemplar de *Geophis sieboldi* de Amula (=Almolonga), Guerrero mencionando que el ejemplar poseía un collar blanco en la nuca, una característica que no está presente en esta especie.
- Esta observación es resaltada también en la descripción original de *G. occabus* y en un comentario respecto a las especies de *Geophis* de Guerrero (Palacios-Aguilar & Flores-Villela, 2018: 4). Ahl (1934) registró una *Geophis chalybaeus* de "Xochitempa bei Chilapa" que Smith (1941) identificó posteriormente como *G. nasalis*. El ejemplar que reportó Ahl (ZMB 34291) es un juvenil y está parcialmente deshidratado, pero es evidente un collar claro (Franck Tillack, comunicación personal). Tomando en cuenta su proximidad con respecto al ejemplar de Almolonga (18.2 km SE) y la presencia del collar, se considera que este ejemplar representa a *G. occabus* y es el registro más antiguo de la especie.
46. *\*Geophis omiltemanus* Günther, 1893. *Geophis omiltemana* Günther, 1893 *Biologia Centrali-Americana, Reptilia and Batrachia*, Vol. 7, Pt. 109: 92. Localidad tipo: Mexico, Omilteme in Guerrero 8000 feet. Holotipo: BMNH 1946.1.6.37.
47. *\*Mastigodryas melanolomus stuarti* (Smith, 1944). *Dryadophis melanolomus stuarti* Smith, 1944. *Proceedings of the United States National Museum* 93: 418. Localidad tipo: Near Acapulco, Guerrero. Holotipo: USNM 110924.
48. *\*Micrurus browni* Schmidt & Smith, 1943. *Zoological Series of Field Museum of Natural History*, 29: 29. Localidad tipo: Chilpancingo, Guerrero. Holotipo: FMNH 38494. *Micrurus nuchalis taylori* Schmidt & Smith, 1943. *Zoological Series of Field Museum of Natural History*, 29: 30. Localidad tipo: Acapulco, Guerrero. Holotipo: FMNH 100051 (EHT-HMS 5085). Comentario: De acuerdo con un análisis reciente del complejo *Micrurus diastema* (Reyes-Velasco et al., 2020) se sugieren varios cambios taxonómicos, reduciendo el número de especies en el complejo de 13 especies y sus subespecies (24 taxones) a 10 especies descritas sin subespecies reconocidas.
49. *\*Mixcoatlus barbouri* (Dunn, 1919). *Lachesis barbouri* Dunn, 1919. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 32: 213. Localidad tipo: Omilteme, Guerrero, Mexico. Holotipo: USNM 46347.
50. *\*Mixcoatlus browni* (Shreve, 1938). *Agkistrodon browni* Shreve, 1938. *Copeia* 1938: 9. Localidad tipo: Omilteme, Guerrero, Mexico. Holotipo: MCZ 42678.
51. *Pseudoleptodeira latifasciata* (Günther, 1894). *Leptodira guilleni* Boulenger, 1905. *Proceedings of the Zoological Society of London* 1905: 247. Localidad tipo: Rio Balsas, Guerrero. Sintipo: BMNH 1946.1.23.44.
52. *\*Rena maxima* (Loveridge, 1932). *Leptotyphlops maximus* Loveridge, 1932. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 45: 151. Localidad tipo: from between 4,000 and 6,000 feet at Chilpancingo, State of Guerrero, Mexico. Holotipo: MCZ 33604.
53. *\*Rhadinaea hesperia* Bailey, 1940. *Occasional Papers of the Museum of Zoology, University of Michigan* 412: 8. Localidad tipo: Omilteme and Sierra de Burro, Guerrero. Holotipo: MCZ 42661. *Rhadinaea hesperia baileyi* Smith, 1942. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 55: 187. Localidad tipo: El Treinte, Guerrero. Holotipo: FMNH 100028 (EHT-HMS 5444).
54. *\*Rhadinaea nuchalis* García-Vázquez, Pavón-Vázquez, Blancas-Hernández, Blancas-Calva & Centenero-Alcalá, 2018. *ZooKeys* 780: 140. Localidad tipo: 0.36 km SE of El Molote, municipality of Atoyac de Álvarez, Guerrero, México (17.4167°N; 100.1672°W), ca. 1720 m elevation. Holotipo: MZFC 22161 (JCBH 015).
55. *\*Rhadinaea omiltemana* (Günther, 1894). *Dromicus omiltemanus* Günther, 1894. *Biologia Centrali-Americana, Reptilia and Batrachia*, Vol. 7, Pt. 115: 113. Localidad tipo: Mexico, Omilteme in Guerrero 8000 feet. Sintipo: BMNH 1946.1.1.7.
56. *\*Rhadinaea taeniata aemula* Bailey, 1940. *Rhadinaea aemula* Bailey, 1940. *Occasional Papers of the Museum of Zoology, University of Michigan* 412: 4. Localidad tipo: Omilteme and Sierra de Burro, Guerrero, Mexico. Holotipo: MCZ 42659.
57. *\*Rhadinella dysmica* Campillo, Dávila-Galavíz, Flores-Villela & Campbell, 2016. *Zootaxa* 4103(2): 165-173. Localidad tipo: Near Cueva de Tepozonales (17.2853 N, -99.3662 W; 432 m above sea level, asl hereafter), Cuajilotla, 20 km S Mochitlán, Guerrero, Mexico. Holotipo: ENCB 18951.
58. *\*Rhadinophanes monticola* Myers & Campbell, 1981. *American Museum Novitates* 2708: 5. Localidad tipo: 1mile (1.6 km.) north of Puerto del Gallo, at an elevation of approximately

9000 feet (~2750 m.) on Cerro Teótepec [sic], State of Guerrero, Mexico. Holotipo: AMNH 116332 (JAC 207).

59. **\**Salvadora intermedia* Hartweg, 1940.** Copeia 1940: 256. Localidad tipo: vicinity of Chilpancingo, Guerrero. Holotipo: UMMZ 85733.

60. ***Sonora michoacanensis* (Dugès in Cope, 1885). *Sonora erythrura* Taylor, 1937.** Herpetologica 1: 69. Localidad tipo: about 10 miles south of Taxco, Guerrero, on highway. Holotipo: UIMNH 25063 (EHT 5440).

61. ***Tantilla calamarina* Cope, 1866. *Tantilla martindalcampoi* Taylor, 1936.** Transactions of the Kansas Academy of Science 39: 347. Localidad tipo: Near El Treinta, Guerrero, on the Mexico-Acapulco Highway. Holotipo: UIMNH 25062 (EHT-HMS 4550).

62. **\**Tantilla coronadoi* Hartweg, 1944.** Occasional Papers of the Museum of Zoology, University of Michigan, 486: 4. Localidad tipo: vicinity of Chilpancingo, Guerrero. Holotipo: UMMZ 85697.

63. **\**Tantilla sertula* Wilson & Campbell, 2000.** Proceedings of the Biological Society of Washington 113: 821. Localidad tipo: 0.8 km NNE of the junction of Mexico highway 200 on the road to La Unión (17°59'N, 101°49'W), Guerrero, Mexico, approximate elevation slightly above 150 m. Holotipo: UTA-R 38145.

64. **\**Thamnophis godmani* (Günther, 1894). *Tropidonotus godmani* Günther, 1894.** Biología Centrali-Americana, Reptilia and Batrachia, Vol. 7, Pt. 117: 133. Localidad tipo: Mexico, Omilteme and Amula in Guerrero. Lectotipo: BMNH 1946.1.21.81. Comentario: Rossman y Burbrink (2005) describieron tres nuevas especies relacionadas con *T. godmani* basándose en una revisión morfológica y argumentando la alopatría de cada especie. Sin embargo, en un estudio molecular McVay et al. (2015) reportan baja divergencia genética entre ellas (<1%).

65. **\**Thamnophis validus isabelleae* (Conant, 1953). *Natrix validus isabelleae* Conant, 1953.** The Chicago Academy of Sciences, Natural History Miscellanea 126: 7. Localidad tipo: Pie de la Cuesta, Laguna Coyuca, Guerrero. Holotipo: AMNH 73171.

66. ***Trimorphodon biscutatus* (Duméril, Bibron & Duméril, 1854). *Trimorphodon biscutatus semirutus* Smith, 1944.** Proceedings of the United States National Museum 93: 492. Localidad tipo: Acapulco, Guerrero. Holotipo: USNM 110410.

67. ***Tropidodipsas annulifera* Boulenger, 1894. *Geophis tecpanecus* Dugès, 1896.** La Naturaleza 2: 455. Localidad tipo: Tecpan de Galeana. Holotipo: MDUG 1139. Comentario: Dugès (1898) propuso el género *Geatractus* para albergar este taxón, que después sería sinonimizado con *Tropidodipsas annulifera* por Scott (1967). Actualmente, el holotipo consta únicamente de algunos restos óseos que continúan siendo resguardados en la colección del Museo de Historia Natural Alfredo Dugès, de la Universidad de Guanajuato (Flores-Villela et al., 2016).

68. **\**Tropidodipsas fasciata guerreroensis* (Taylor, 1939 [1940]). *Tropidodipsas guerreroensis* Taylor, 1939 (1940).** University of Kansas Science Bulletin 26: 470. Localidad tipo: Near Buenavista, Guerrero. Holotipo: FMNH 100070 (EHT-HMS 5518).

69. **\**Tropidodipsas zweifeli* Liner & Wilson, 1970. *Chersodromus annulatus* Zweifel, 1954.** Herpetologica 10 (1): 17. Localidad tipo: Near Chilpancingo, Guerrero, Mexico. Holotipo: MVZ 45030. Comentario: Desde su descripción, Zweifel (1954), tenía dudas respecto al posicionamiento genérico de este taxón. Después de comparar material adicional de esta especie Liner & Wilson (1970) confirmaron que esta especie pertenecía al género *Tropidodipsas*. Como el epíteto *annulatus* estaba asignado a una especie de publicación anterior (*Tropidodipsas sartorii annulatus* Peters, 1871) se sugirió *Tropidodipsas zweifeli* como un nombre de reemplazo.

## DISCUSIÓN

### Restricción de localidades tipo.

Durante la elaboración de esta lista fue muy útil la consulta del trabajo de Smith y Taylor (1950) referente a las localidades tipo de los herpetozoos mexicanos. Sin embargo, el método utilizado para la restricción de las localidades tipo de algunos taxones fue arbitrario ya que se basó en el conocimiento empírico que tenían los autores respecto a la distribución de las especies (o restringiendo las localidades tipo a aquellas en que ellos habían recolectado la especie) en vez de revisar los itinerarios de los colectores originales, o los datos de recolecta asociados a cada espécimen tipo.

Estas restricciones fueron muy criticadas por Dunn y Stuart (1951 a, b) quienes incluso sugieren que estas propuestas no deben ser consideradas válidas. Por ejemplo, la restricción de la localidad tipo propuesta por estos autores de *Bipes canaliculatus* Latreille, 1801 a "Mexcala" fue invalidada por Flores-Villela y colaboradores (2004) después de una revisión exhaustiva de la literatura que trata este taxón y una revisión detallada del origen

del ejemplar tipo. A continuación, se discute la restricción de algunos de estos nombres por Smith y Taylor (1950) y un taxón restringido por Ernst (1978).

***Conophis vittatus* Peters, 1860.** Monatsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1860: 519. Localidad tipo: nicht weit von Neu-Orleans im Mississippi. Sintipo: ZMB 3819. Localidad tipo restringida a "Laguna Coyuca". De acuerdo con Bauer et al. (1995: 70) el catálogo del museo en donde se encuentra el holotipo menciona Guatemala como el origen del ejemplar y que el vendedor de este dio originalmente Nueva Orleans como el punto de origen. Es probable que el ejemplar haya sido recolectado en Guatemala y vendido en Nueva Orleans, invalidando la restricción de Smith y Taylor (1950).

***Dipsas gracillima* Günther, 1895** Biologia Centrali-Americana, Reptilia and Batrachia, Vol. 7, Pt. 123: 177. Localidad tipo: Southern Mexico, restringida a "Acapulco, Guerrero". Sintipo: BMNH 1946.1.4.76 (originalmente BMNH 95.1.4.6). Nombre actual: *Imantodes gemmistratus gracillimus* (Günther, 1895). Zweifel (1959) hizo comentarios sobre la localidad tipo de este taxón, argumentando que posiblemente Godman no fue el recolector original de la especie y que más bien lo hubiera comprado ya que no visitó regiones en que dicho taxon se distribuyera, lo que se traduce en la localidad tipo tan general que propone Günther al describirla. Dada la poca información que se tiene respecto al origen del ejemplar tipo, la restricción de Smith y Taylor (1950) no es considerada válida en este trabajo.

***Drymobius lemniscatus* Cope 1895 [1896].** Transactions of the American Philosophical Society 18: 203. Localidad tipo: Mexique occidental, restringido a "Acapulco". Sintipo: MNHN 1891.0260. Nombre actual: *Salvadora lemniscata* (Cope, 1895 [1896]). Bogert (1939) registró el único ejemplar conocido de esta especie de Acapulco (AMNH 19627), a donde Smith y Taylor (1950) restringieron la localidad tipo. Sin embargo, tomando en cuenta el itinerario de recolectas de F. Sumichrast es más probable que el ejemplar tipo provenga de Oaxaca, donde centró sus esfuerzos de muestreo (Flores-Villela et al., 2004; Carlos Hernández-Jiménez, comunicación personal).

***Emis pulcherrima* Gray 1855.** Catalogue of shield reptiles in the collection of the British Museum. Part I. Testudinata: 25. Localidad tipo: Mexico. Sintipo: BMNH 1947.3.5.52. Nombre actual: *Rhinoclemmys pulcherrima* (Gray, 1855). Comentario: Ernst (1978: 127) después de revisar el holotipo de *Emys pulcherrima* consideró que las poblaciones de la costa de Guerrero eran

probablemente el lugar de origen de este por las características morfológicas que presenta, restringiendo la localidad tipo a "vicinity of San Marcos, Guerrero, Mexico".

***Geophis unicolor* Fischer, 1881.** Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Bremen 7: 227. Localidad tipo: aus Mexico. Sintipo: UMB 434, perdido. Nombre actual: *Enulius flavitorques unicolor* (Fischer, 1881). Localidad tipo restringida a "Chilpancingo". Comentarios: No hay información en la descripción original de la especie que permita restringir la localidad tipo, pero Chilpancingo parece improbable ya que no hay registro de recolectas por parte de investigadores alemanes en Guerrero a finales de los 1800's.

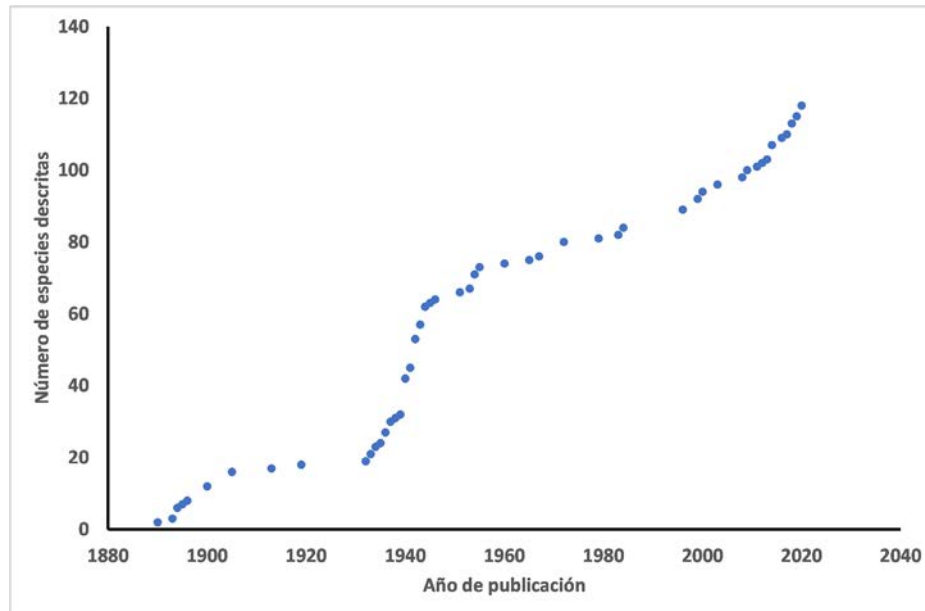
***Heloderma Hernandezii*, *Heloderma horridum*, *Hypsiglena latifasciata* y *Pseudoficimia pulcherrima*,** fueron restringidos a Huajintlán (1950: 331). Sin embargo, esta localidad se encuentra en el estado de Morelos, no en Guerrero, como suponían Smith y Taylor (1950).

***Kinosternon integrum* LeConte, 1854.** Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia 7: 183. Localidad tipo: Mexico. Sintipo: ANSP, perdido *fide* Iverson et al. (1998). Localidad tipo restringida a "Acapulco, Guerrero". Comentarios: Esta restricción ha sido ampliamente aceptada por investigadores subsecuentes (Iverson et al., 1998).

La restricción de las localidades tipo es una parte importante en la nomenclatura zoológica ya que tiene repercusiones en la posterior delimitación de especies. Por ende, debe ser llevada a cabo con cautela y tratando de obtener la mayor cantidad de información posible a través de fuentes de información como los itinerarios de recolecta, datos asociados en ejemplares y diarios de campo de los recolectores originales de los ejemplares que fueron posteriormente designados como tipos.

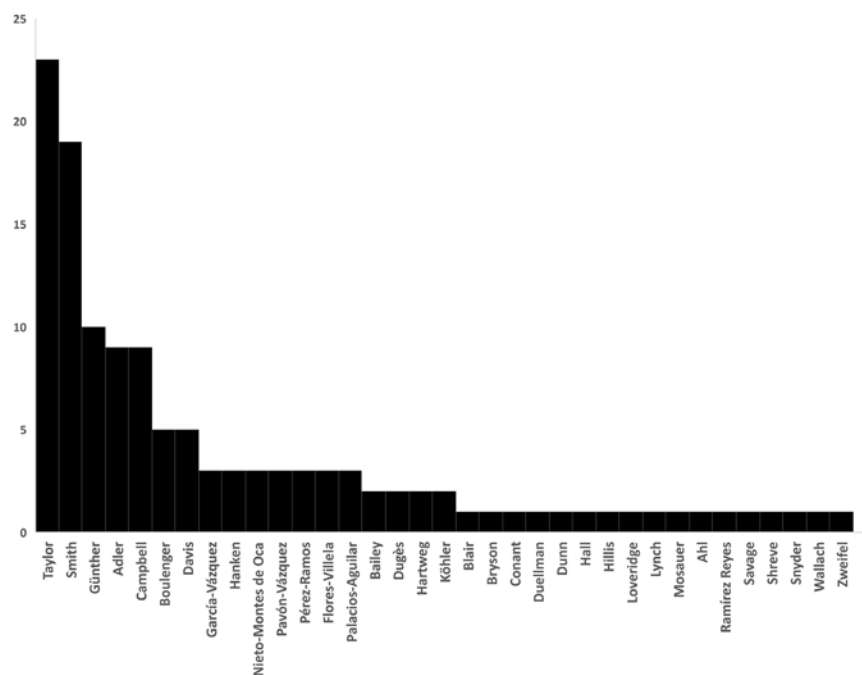
## Periodos en el estudio de la herpetofauna de Guerrero.

Una gran cantidad de anfibios y reptiles han sido descritos para el estado de Guerrero desde 1890 hasta la fecha y es de resaltar que aproximadamente el 84.4 % de estas especies siguen siendo consideradas válidas. Al comparar la distribución de estas (Fig. 1 y 2) con lo reportado en el último listado de las especies del estado (Palacios-Aguilar & Flores-Villela, 2018) es posible constatar que los patrones de descubrimiento y recolecta están fuertemente influenciados por las principales vías de comunicación (Bojórquez-Tapia et al., 1994), lo que hace suponer que es posible aún descubrir nuevos registros y nuevas especies en regiones poco exploradas o incluso continuando esfuerzos en regiones relativamente mejor conocidas.



**Figure 3.** Accumulated richness of described species (amphibians and reptiles) in Guerrero through time.

**Figura 3.** Riqueza acumulada de especies descritas (anfibios y reptiles) en Guerrero a lo largo del tiempo.



**Figure 4.** Number of species described by different authors through time. The graphic is sorted from highest to lowest.

**Figura 4.** Número de especies descritas por diferentes autores a lo largo del tiempo. La gráfica está ordenada de mayor a menor.

Como se ha mencionado en trabajos anteriores (Flores-Villela et al., 2004; Palacios-Aguilar & Flores-Villela, 2018), es posible rastrear las recolectas de ejemplares en Guerrero a finales del siglo XVI con las expediciones de Francisco Hernández, pero

la descripción y el reporte de nuevas especies en la región aparecieron por primera vez en las partes 83 y 155 del volumen Reptilia-Batrachia del Biología Centrali-Americana, publicadas en 1890 y 1900 respectivamente (Günther, 1885-1902).

**Table 1.** Scientific collections with the greatest number of type specimens from Guerrero, Mexico.

**Tabla 1.** Colecciones científicas con el mayor número de ejemplares tipo de Guerrero, México.

| Colección                             | Número de tipos |
|---------------------------------------|-----------------|
| FMNH (Chicago, Illinois, E.U.A)       | 27              |
| BMNH (Londres, Reino Unido)           | 17              |
| MZFC (Ciudad de México, México)       | 14              |
| KUH (Lawrence, Kansas, E.U. A.)       | 9               |
| UIMNH (Champaign, Illinois, E.U.A)    | 8               |
| UMMZ (Ann Arbor, Michigan, E.U.A)     | 8               |
| TCWC (College Station, Texas, E.U.A)  | 6               |
| UTA (Arlington, Texas, E.U.A)         | 6               |
| USNM (Washington, D.C., E.U.A.)       | 6               |
| MCZ (Cambridge, Massachusetts, E.U.A) | 5               |
| MVZ (Berkeley, California, E.U.A)     | 5               |

Una vez que cesó la publicación de más partes del volumen Reptilia-Batrachia, algunas especies de reptiles fueron descritas por Boulenger entre 1905 y 1913. Posteriormente es interesante notar que hubo una disminución en el número de especies descritas y recolectas entre 1913 y toda la década de 1920 (Fig. 3), lapso que corresponde a la Revolución Mexicana y el periodo posterior a esta, caracterizado por numerosas rebeliones y conflictos a lo largo del país. Es hasta la década de 1930 en que un renovado interés en la región resulta en la descripción de 14 nuevas especies y en la década posterior (1940) es cuando más especies se han descrito en la historia de las recolectas de Guerrero: 32 taxones. Este periodo es conocido como la “era moderna” del estudio de la herpetofauna de México (Flores-Villela et al., 2004).

Este incremento de actividad fue gracias a las recolectas y publicaciones de Edward H. Taylor y Hobart M. Smith a partir de 1932, y estos mismos autores son los que más especies han descrito en el estado con 23 y 19 especies, respectivamente (Fig. 4). A partir de este periodo, las recolectas y descripciones han sido relativamente constantes, con un renovado interés en la región a partir de la década de 2010 en que se describieron 17 especies, principalmente por grupos de estudio conformados por cada vez más investigadores mexicanos.

Estos periodos de investigación pueden ser apreciados también en el número de tipos albergados en distintas

colecciones científicas. Como se mencionó anteriormente, la mayor cantidad de especies descritas para el estado fueron producto del trabajo de dos investigadores y sus recolectas fueron incorporadas en el Field Museum of Natural History (FMNH), el cuál alberga el mayor número de ejemplares tipo de Guerrero (27, Tabla 1), seguido por el British Museum of Natural History (BMNH) en donde fueron depositados los ejemplares producto de las recolectas de Herbert Smith y Hans Gadow, que fueron posteriormente descritas por Albert Günther y George Boulenger (Flores-Villela et al., 2004). Los holotipos o series tipo de 19 taxones están depositados en cuatro colecciones mexicanas (CNAR, ENCB, MDUG y MZFC), siendo el Museo de Zoología, “Alfonso L. Herrera” de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (MZFC) la colección mexicana que alberga el mayor número de ellos.

**Agradecimientos.**— A Oscar Flores Villela y a Leticia Ochoa Ochoa porque permitieron el acceso a material bibliográfico depositado en el Centro de Información Herpetológica “Hobart M. Smith” del Museo de Zoología, Facultad de Ciencias. Atziri Ibarra Reyes proporcionó copias de diferentes publicaciones en formato digital. Carlos Hernández Jiménez compartió datos no publicados concernientes a la restricción de la localidad tipo de *Salvadora lemniscata*. Edmundo Pérez Ramos compartió sus notas de campo para poder determinar la localidad tipo de *Pseudoeurycea amuzga* y *Xenosaurus penai*. Oscar Flores-Villela, Atziri Ibarra-Reyes y Rufino Santos-Bibiano, aportaron valiosos comentarios en una versión previa del manuscrito. Dos revisores anónimos contribuyeron con comentarios y sugerencias que ayudaron a mejorar la calidad de este manuscrito.

## LITERATURA CITADA

- Adler, K. 1996. The salamanders of Guerrero, Mexico, with descriptions of five new species of *Pseudoeurycea* (Caudata: Plethodontidae). Occasional Papers of the Natural History Museum, the University of Kansas 177: 1-28.
- Ahl, E. 1934. Über eine Sammlung von reptilien und amphibien aus Mexiko. Zoological Anzeiger 106: 184-186.
- Bauer, A.M., R. Günther & M. Klipfel. 1995. The herpetological contributions of Wilhelm C.H. Peters (1815–1883). SSAR Facsimile Reprints in Herpetology.
- Bogert, C.M. 1939. Notes on snakes of the genus *Salvadora* with a redescription of a neglected Mexican species. Copeia 1939:140-147.

- Bojórquez-Tapia, L.A., I. Azuara, E. Ezcurra & O. Flores-Villela. 1995. Identifying conservation priorities in Mexico through geographic information systems and modeling. *Ecological Applications* 5:215-231.
- Bojórquez-Tapia, L.A., P. Balvanera & A.D. Cuarón. 1994. Biological inventories and computer data bases: their role in environmental assessments. *Environmental Management* 18:775-785.
- Bryson Jr., R.W., B.T. Smith, A. Nieto-Montes de Oca, U.O. García-Vázquez & B.R. Riddle. 2014. The role of mitochondrial introgression in illuminating the evolutionary history of Neartic treefrogs. *Zoological Journal of the Linnean Society* 172:103-116.
- Campbell, J.A. & W.E. Duellman. 2000. New species of stream-breeding hylid frogs from the northern versant of the highlands of Oaxaca, Mexico. *Scientific Papers, Natural History Museum, The University of Kansas* 16:1-28.
- Campbell, J.A. & D.R. Frost. 1993. Anguid lizards of the genus *Abronia*: revisionary notes, descriptions of four new species, a phylogenetic analysis, and key. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 216: 1-121.
- Campbell, J.A. & E.N. Smith. 1992. A new frog of the genus *Ptychohyla* (Hylidae) from the Sierra de Santa Cruz, Guatemala, and description of a new genus of Middle American stream-breeding treefrogs. *Herpetologica* 48: 153-167.
- Caviedes-Solis, I.W., L.F. Vázquez-Vega, I. Solano-Zavaleta, E. Pérez-Ramos, S.M. Rovito, T.J. Devitt, P. Heimes, O.A. Flores-Villela, J.A. Campbell & A. Nieto-Montes de Oca. 2015. Everything is not lost: recent records, rediscoveries, and range extensions of Mexican hylid frogs. *Mesoamerican Herpetology* 2:230-241.
- Cope, E.D. 1894. On the genera and species of Euchirotidae. *The American Naturalist* 28:436-437.
- Dixon, J.R. 1964. The systematics and distribution of lizards of the genus *Phyllodactylus* in North and Central America. *New Mexico State University Science Bulletin* 64:1-139.
- Downs, F.L. 1967. Intrageneric relationships among colubrid snakes of the genus *Geophis* Wagler. *Miscellaneous Publications of the Museum of Zoology, University of Michigan* 131:1-193.
- Duellman, W.E. 1970. The hylid frogs of Middle America. 2 volumes. Monograph. Museum of Natural History, University of Kansas.
- Duellman, W.E. 2001. The Hylid frogs of Middle America. Segunda edición. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Contributions to Herpetology No. 18.
- Duellman, W.E., A.B. Marion & S.B. Hedges. 2016. Phylogenetics, classification, and biogeography of the treefrogs (Amphibia: Anura: Arboranae). *Zootaxa* 4104:1-109.
- Duellman, W.E. 1960. Synonymy, variation, and distribution of *Ptychohyla leonhard-schultzei* Ahl. *Studies of American hylid frogs. IV. Herpetologica* 16:191-197.
- Dugès, A. 1894. *Hemichirotres tridactylus*. *La Nature* (serie 2) 2:411-412.
- Dugès, A. 1898. Un nuevo género de ofidio. *La Nature* 3 (Serie 2):52.
- Dunn, E.R. & L.C. Stuart. 1951a. Comments on some recent restrictions of type localities of certain South and Central American amphibians and reptiles. *Copeia* 1951:55-61.
- Dunn, E.R. & L.C. Stuart. 1951b. On the legality of restriction of type locality. *Science* 113:677-678.
- Elisa León, H.R. 2002. Variación geográfica en *Hyla eximia* (Anura: Hylidae). *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana* 10:59-60.
- Ernst, C.H. 1978. A revision of the Neotropical turtle genus *Callopsis* (Testudines: Emydidae: Batagurinae). *Herpetologica* 34:113-134.
- Flores-Villela, O. & L. Canseco-Márquez. 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 20:115-144.
- Flores-Villela, O. & P. Gerez. 1994. Biodiversidad y Conservación en México: vertebrados, vegetación y uso de suelo. Segunda edición. CONABIO.
- Flores-Villela, O. & E. Hernández-García. 1989. New state records from northern Guerrero, Mexico. *Herpetological Review* 20:15-16.
- Flores-Villela, O., C.A. Ríos-Muñoz, G.E. Magaña-Cota & N.L. Quezadas-Tapia. 2016. Alfredo Dugès' type specimens of amphibians and reptiles revisited. *Zootaxa* 4092:33-54.

- Flores-Villela, O., H.M. Smith & D. Chiszar. 2004. The History of herpetological exploration in Mexico. *Bonner zoologische Beiträge* 52:311-335.
- Flores-Villela, O., H.M. Smith, D. Chiszar & G. Zamudio. 2004. Long-Neglected information on the Discovery of *Bipes* (Reptilia: Amphisbaenia). *International Society for the History and Bibliography of Herpetology* 5:18-22.
- Frost D.R. 2020. Amphibian Species of the World 6.0, an Online Reference. <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/index.php/>. American Museum of Natural History, New York, USA. [Consultado en agosto de 2020].
- Günther A. 1885-1902. Reptilia-Batrachia. Pp. xx + 326. En O. Salvin & F.D. Goldman (Eds.). *Biología Centrali-Americana*. Taylor & Francis, London.
- Hillis, D.M. 2020. The detection and naming of geographic variation within species. *Herpetological Review* 51:52-56.
- Iverson, J.B., C.A. Young & J.F. Berry. 1998. *Kinosternon integrum* LeConte. *Catalogue of American Amphians and Reptiles* 652:652.1-652.6.
- Jiménez-Arcos, V.H., E. Centenero-Alcalá, E. Pérez-Ramos & S.A. Santa Cruz-Padilla. 2014 a. Geographic Distribution: *Phrynosoma braconieri* (Short-tailed Horned Lizard). *Herpetological Review* 45:283.
- Jiménez-Arcos, V.H., E. Centenero-Alcalá, E. Pérez-Ramos & S.A. Santa Cruz-Padilla. 2014 b. Geographic Distribution: *Phrynosoma braconieri* (Short-tailed Horned Lizard). *Herpetological Review* 45:463.
- Liner, E.A. & L.D. Wilson. 1970. Changes in the name and generic status of the Mexican snake *Chersodromus annulatus* Zweifel (Colubridae). *Copeia* 1970:786-788.
- Lynch, J.D. 1970. Notes on some Mexican frogs (*Eleutherodactylus*: Leptodactylidae). *Herpetologica* 26:172-180.
- Lynch, J.D. 1991. Three replacement names for preoccupied names in the genus *Eleutherodactylus* (Amphibia: Leptodactylidae). *Copeia* 1991:1138-1139.
- Marx, H. 1976. Supplementary catalogue of type specimens of reptiles and amphibians in Field Museum of Natural History. *Fieldiana, Zoology* 69:33-94.
- McCranie, J.R. 2018. The Lizards, Crocodiles, and Turtles of Honduras. Systematics, Distribution, and Conservation. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, Special Publication Series* 107:1-666.
- McVay, J.D., O. Flores-Villela & B. Carsterns. 2015. Diversification of North American natricine snakes. *Biological Journal of the Linnean Society* 116:1-12.
- Mendoza, A.M., W. Bolívar-García, E. Vázquez-Domínguez, R. Ibañez & G. Parra-Olea. 2019. The role of Central American Barriers in shaping the evolutionary history of the northernmost glassfrog, *Hyalinobatrachium fleischmanni* (Anura: Centrolenidae). *PeerJ* 7:e6115.
- Mendoza-Henao, A., E. Arias, E., J.H. Townsend & G. Parra-Olea. 2020. Phylogeny-based species delimitation and integrative taxonomic revision of the *Hyalinobatrachium fleischmanni* species complex, with resurrection of *H. viridissimum* (Taylor, 1942). *Systematics and Biodiversity* 18:464-484.
- Mendoza-Hernández, A.A. & G. Santos-Barrera. 2004. Geographic distribution: *Lepidophyma smithii* (Smith's Tropical Night Lizard). *Herpetological Review* 35:289.
- Meza-Lázaro, R.N. & A. Nieto-Montes de Oca. 2015. Long forsaken species diversity in the Middle American lizard *Holcosus undulatus* (Teiidae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 175:189-210.
- Muñoz-Alonso, A. & O. Flores-Villela. 1990. *Anolis liogaster* Boulenger. Abaniquillo rojo. *Catalogue of American Amphibians and Reptiles* 489:1-2.
- Nicholson, K.E., B.I. Crother, C. Guyer & J.M. Savage. 2018. Translating a clade based classification into one that is valid under the International Code of Zoological Nomenclature: the case of the lizards of the family Dactyloidae (Order Squamata). *Zootaxa* 4461:573-586.
- Palacios-Aguilar, R. & O. Flores-Villela. 2018. An updated checklist of the herpetofauna from Guerrero, Mexico. *Zootaxa* 4422: 1-24.
- Pérez-Ramos, E. & L. Saldaña de la Riva. 2000. Una nueva especie de salamandra *Pseudoeurycea* (Amphibia: Caudata: Plethodontidae) de la región amuzga, al sureste de Guerrero, México. *Revista Digital Universitaria* 1: revista.unam.mx 1:art1. <http://www.revista.unam.mx/vol.1/art1/>

- Pérez-Ramos, E. & L. Saldaña de la Riva. 2008. Morphological revision of lizards of the *formosus* group, genus *Sceloporus* (Squamata: Sauria) of southern Mexico, with description of a new species. *Bulletin of the Maryland Herpetological Society* 44:77-98.
- Poe, S., Nieto-Montes de Oca, A., O. Torres-Carvajal, K. De Queiroz, J.A. Velasco, B. Truett, L.N. Gray, M.J. Ryan, G. Köhler, F. Ayala-Varela & I. Latella. 2017. A phylogenetic, biogeographic, and taxonomic study of all extant species of *Anolis* (Squamata; Iguanidae). *Systematic Biology* 66:663-697.
- Ramírez-Reyes T., C. Blair, O. Flores-Villela, D. Piñero, A. Lathroph, & R. Murphy. 2020. Phylogenomics and molecular species delimitation reveals great cryptic diversity of leaf-toed geckos (Phyllodactylidae: *Phyllodactylus*), ancient origin, and diversification in Mexico. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 150:106880.
- Reyes-Velasco, J., R.H. Adams, S. Boissinot, C.L. Parkinson, J.A. Campbell, T.A. Castoe & E.N. Smith. 2020. Genome-wide SNPs clarify lineage diversity confused by coloration in coral snakes of the *Micrurus diastema* species complex (Serpentes: Elapidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 147:106770.
- Ron, S.R., P.J. Venegas, H.M. Ortega-Andrade, G. Gagliardi-Urrutia & P.E. Salerno. 2016. Systematics of the *Ecnomiohyla tuberculosa* with the description of a new species and comments on the taxonomy of *Trachycephalus typhonius* (Anura, Hylidae). *ZooKeys* 630:115-154.
- Rossman, D.A. & F.T. Burbrink. 2005. Species limits within the Mexican garter snakes of the *Thamnophis godmani* complex. *Occasional Papers of the Museum of Natural Science* 79:1-44.
- Sabaj, M.H. 2019. Standard symbolic codes for institutional resource collections in herpetology and ichthyology: An Online Reference. Version 7.1 (21 March 2019). Electronically accessible at <http://www.asih.org>, American Society of Ichthyologists and Herpetologists, Washington, DC.
- Saldaña-de la Riva, L. & E. Pérez-Ramos. 1987. Herpetofauna del Estado de Guerrero, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Scott, N.J. 1967. The colubrid snake, *Tropidodipsas annulifera*, with reference to the status of *Geatractus*, *Exelencophis*, *Chersodromus annulatus*, and *Tropidodipsas malacodryas*. *Copeia* 1967: 280-287.
- Smith, H.M. & W.L. Necker. 1944. Alfredo Dugès types of Mexican reptiles and amphibians. *Anales de la Escuela de Ciencias Biológicas* 3:179-233.
- Smith, H.M. & E.H. Taylor. 1950. Type localities of Mexican reptiles and amphibians. *The University of Kansas Science Bulletin* 33:313-380.
- Smith, H.M. 1933. Notes on some Mexican lizards of the genus *Anolis*, with the description of a new species, *A. megapholidotus*. *Transactions of the Kansas Academy of Science* 36:315-320.
- Smith, H.M. 1941. Notes on Mexican snakes of the genus *Geophis*. *Smithsonian Miscellaneous Collections* 99:1-6.
- Smith, H.M. & E.H. Taylor. 1948. An annotated checklist and key to the Amphibia of Mexico. *Bulletin of the United States National Museum* 194:1-118.
- Smith, H.M., D. Chiszar & R. Humphrey. 2001. The distribution of *Sceloporus acanthinus* (Reptilia: Sauria) and its relationships. *Bulletin of the Maryland Herpetological Society* 37:3-9.
- 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.
- Taylor, E.H. 1944. A new genus and species of Mexican hylid frogs. *University of Kansas Science Bulletin* 30:41-45.
- Uetz, P., Freed, P. & J. Hošek (Eds.). 2019. The Reptile Database. <http://www.reptile-database.org>. [Consultado en agosto de 2020].
- Zarza, E., E.M. Connors, J.M. Malley, W.L.E. Tsai, P. Heimes, M. Kaplan & J.E. McCormack. 2018. Combining ultraconserved elements and mtDNA data to uncover lineage diversity in a Mexican highland frog (*Sarcohyla*; Hylidae). *PeerJ* 6:e6045.
- Zweifel, R.G. 1954. A new species of *Chersodromus* from Mexico. *Herpetologica* 10:17-19.
- Zweifel, R.G. 1959. Snakes of the genus *Imantodes* in Western Mexico. *American Museum Novitates* 1961:1-18.



# A REVISION OF THE HERPETOFAUNA OF COLIMA, MEXICO

## UNA REVISIÓN DE LA HERPETOFAUNA DE COLIMA, MÉXICO

JACOBO REYES-VELASCO<sup>1,3\*</sup>, CHRISTOPH I. GRÜNWARD<sup>1,2,4</sup>, JASON M. JONES<sup>1,2</sup> & IVÁN AHUMADA-CARRILLO<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Herp.mx A.C. – Villa de Álvarez, Colima, México.*

<sup>2</sup>*Biodiversa A.C. – Chapala, Jalisco, México.*

<sup>3</sup>*Entorno Biótico A.C. – Villa de Álvarez, Colima, México.*

<sup>4</sup>*Biencom Real Estate – Ajijic, Jalisco, México.*

\*Correspondence: jrv305@nyu.edu

**Resumen.**— La herpetofauna de Colima a recibido poca atención hasta años recientes. Algunos listados estatales y varias tesis sin publicar son algunas de las pocas referencias disponibles para la herpetofauna del estado. Lemos-Espinal et al. (2020) publicaron una revisión de la herpetofauna del estado. Desafortunadamente esta revisión fue publicada con numerosos errores y omisiones. Aquí revisamos todos los listados publicados referente a la herpetofauna de Colima, incluyendo dos tesis sin publicar relacionadas a la herpetofauna de este estado, así como registros disponibles en bases de datos electrónicas (GBIF, Vertnet). Examinamos ejemplares de museos de taxa reportados para el estado y mostramos que muchas de las especies reportadas están basadas en identificaciones incorrectas, y que otras especies que ya eran conocidas para el estado fueron ignoradas en el listado más reciente. Adicionalmente, reportamos seis nuevas especies de anfibios y reptiles para el estado. Basados en nuestra revisión, la herpetofauna del estado de Colima consiste de 148 especies, de las cuales 40 son anfibios y 112 son reptiles, con cinco especies introducidas. También hacemos referencia a otras especies de posible ocurrencia en el estado. Recomendamos la revisión de muchos de los listados herpetofaunísticos para varios de los estados de México para corregir múltiples errores.

**Palabras clave.**— Anfibios, herpetofauna, occidente de México, reptiles.

**Abstract.**— Until recently, the herpetofauna of Colima has received relatively little attention. A few state lists and several unpublished dissertations are the only references available for the herpetofauna of the state. Recently, a revised herpetofaunal state list was published by Lemos-Espinal et al. (2020). Unfortunately, that revision includes a significant number of errors and omissions. Herein, we reviewed all published accounts on the herpetofauna of Colima including two unpublished thesis related to the herpetofauna of the state, and records available in online databases (GBIF, Vertnet). We examined museum specimens of previously published taxa and show that many of the species reported for the state are in fact misidentifications, and that other species already known for the state were overlooked in the most recent state checklist. Additionally, we report on ten species of amphibians and reptiles that are new records for the state. Based on our revision, the herpetofauna of Colima consists of 152 species, of which 112 are reptiles and 40 are amphibians, with five introduced species. We also comment on species of possible occurrence in the state. We recommend that other state lists which have been published for Mexico be revised in order to correct a variety of issues and information.

**Keywords.**— Amphibians, herpetofauna, reptiles, west of Mexico.

## INTRODUCTION

Checklists of amphibians and reptiles are very useful in the biological sciences, as they are considered by government agencies, conservation organizations, and researchers as one of the first resources to assess the biodiversity of amphibians

and reptiles in a particular area. Government agencies depend on these checklists to design conservation plans and regulate the issuing of collecting permits, request environmental restoration plans from mining companies and other industries, and for the development of natural protected areas (Reyes-Velasco pers. obs.). Researchers use these checklists to plan

fieldwork related to particular regions or organisms, and even hobbyists rely on checklists to plan their ecotourism endeavors. A properly prepared state checklist is a useful resource for the whole community. However, in recent years we perceive that the publication of herpetological checklists for different states and regions of Mexico has been done without proper care when publishing those lists. Recently, published herpetofaunal checklists now cover more than 80% of the states of Mexico (Reyes-Velasco & Ramírez-Chaparro, 2019); however, many of them have major errors and omissions that make them not only non-useful, but actually detrimental for the development of research and conservation (Reyes-Velasco & Ramírez-Chaparro, 2019).

Lemos-Espinal et al. (2020) recently published a checklist for the amphibians and reptiles of the state of Colima, located on the west coast of Mexico (Fig. 1). Their published list contains numerous errors, with more than 20% of the taxa listed to be incorrect, and several taxa are not listed at all. The majority of these records were compiled from online databases such as Vertnet ([www.vernet.org](http://www.vernet.org)) and GBIF ([www.gbif.org](http://www.gbif.org)), however databases such as Vertnet or GBIF are a great resource for gathering important distribution information; however, they also have their limitations. Curators at the institutions that provide records for such databases don't have the time or resources to double check the identification for every single specimen housed in their collections; consequently, scholars must be careful when reporting data from these databases without performing the species identification themselves (Reyes-Velasco & Ramírez-Chaparro, 2019). Due to the extent of errors and omissions published by Lemos-Espinal et al. (2020), we chose to write a follow-up publication addressing those issues, those in other articles, as well as new state records and taxonomic arrangements related to the herpetofauna of Colima.

## MATERIALS AND METHODS

We focused mainly on those taxa reported by Lemos-Espinal et al. (2020), but also comment on state lists published by Duellman (1958), Smith & Smith (1976a; 1976b), as well as the unpublished dissertations of Painter (1976) and Martínez-Ortega (2005). Loeza-Corichi (2004) Master's dissertation on the herpetofauna of the Cerro Grande region of Jalisco and Colima does not list specimen numbers or specific localities for the species reported; therefore, we do not discuss that work here. We also report on errors found in online databases. We list museum collection numbers of specimens examined throughout the text, and we use Museum Abbreviations as listed on Vertnet and GBIF.

We have conducted herpetofaunal surveys in the state of Colima between 2003 and 2020 and have published numerous articles related to the herpetofauna of the state including multiple state records (Ahumada-Carrillo et al., 2014; Reyes-Velasco et al., 2012; Reyes-Velasco et al., 2009), rediscoveries of presumably extinct species (Reyes-Velasco et al., 2010), revision of taxa with taxonomic issues (Reyes-Velasco & Mulcahy, 2010), as well as new species for the state (Bryson et al., 2014; Grünwald et al., 2018; Reyes-Velasco et al., 2015).

The revisions that we report here are based on our own fieldwork experience in the state, as well as the examination of museum material housed at different natural history collections, which are listed under each species. In the case of museum specimens, the majority of the determinations are based on high quality photographs of the specimens, provided by the curators of each museum at our request. Our goal is to report on all the possible errors and omissions in previous herpetofaunal lists for Colima, as well as to list all the species that have not previously been reported for the state, but could potentially occur there (and the reasons for their likely presence). We focus primarily on errors regarding identifications or/and locality, but do not go into detail on taxonomic issues. Our species list is based on the currently accepted taxonomy which is published online on the Amphibian Species of the World database (<http://research.amnh.org>) for Amphibians (with the exception of the genus *Rana* over *Lithobates*) and the Reptile Database ([reptile-database.org](http://reptile-database.org)) for Reptiles. We do not include subspecies at this time.

## RESULTS

### List of errors on the taxa reported for the herpetofauna of Colima

Here, we list errors published in previous state lists for the state of Colima. The majority of these errors are based on misidentifications or erroneous locality information; however, we have also included instances in which some species were mistakenly omitted. In the majority of cases, we were able to examine the specimens in question; however, we noted the few exceptions where this was not possible.

### AMPHIBIANS

#### Anura

#### Family Bufonidae

*Incilius gemmifer* – This species was listed for the state of Colima by Martínez-Ortega (2005), but he did not reference

any specimens. Porter (1964) examined two individuals referred to this species (AMNH 63895–96), which were collected 2 mi (3.2 km) south of Cihuatlán, Jalisco, in the state of Colima, and determined them to be *Incilius mazatlanensis*. It is unlikely that *Incilius gemmifer* occurs in Colima.

***Incilius valliceps*** – A single specimen of this species is listed on GBIF as collected at Comala, Colima (CNAR AR6371). However, *I. valliceps* is restricted to the Atlantic versant of Mexico (Mendelson III et al., 2011), and this specimen most likely represents the closely related *I. mazatlanensis* which is common at that locality (*pers. obs.*).

### Family Craugastoridae

***Craugastor augusti*** – Lemos-Espinal et al. (2020) reported this species as likely to occur in Colima; however, there are multiple records of this species from Colima which have already been published (e.g., Streicher et al., 2014).

***Craugastor mexicanus*** – A single specimen of this species is listed on Vertnet (MCZ A-22487), collected by J. A. Oliver at Hacienda Paso del Rio, Periquillo, Colima in 1935. However, this species is restricted to the Atlantic versant of Mexico (Streicher, 2012). This record most likely represent *Craugastor occidentalis*, which is known to be common in the state and is also known from that locality (*pers. obs.*).

***Craugastor pygmaeus*** – This species was reported as likely to occur in Colima by Lemos-Espinal et al. (2020). Grünwald et al. (2016) reported specimens of this species from the state of Colima. However, Streicher (2012) showed that this species is restricted to southeastern Mexico, so it is very unlikely for this species to occur in the state, and specimens of *C. pygmaeus* from Colima represent either *Craugastor hobartsmithi* or an undescribed species related to *C. pygmaeus*.

### Family Eleutherodactylidae

***Eleutherodactylus nitidus*** – The specimens of this species reported by Lemos-Espinal et al. (2020) from Colima are actually *E. orarius*, based on the most recent revision of the group (Grünwald et al., 2018). *Eleutherodactylus nitidus* is restricted to central and southern Mexico, in the states of Guerrero, México, Morelos, Oaxaca, Puebla and Tlaxcala (Grünwald et al., 2018).

***Eleutherodactylus pallidus*** – A single specimen for this species is listed on Vertnet, however this record pertains to an individual

of *E. modestus* (CAS 97122); therefore, *E. pallidus* is not found in Colima (Grünwald et al., 2018).

***Eleutherodactylus nivicolimae* (= *Eleutherodactylus rufescens*)** – Reyes-Velasco et al. (2009) reported *E. nivicolimae* for the Sierra de Manantlán in Colima. This species was later synonymized with *E. rufescens* by Grünwald et al. (2018), who described the individuals from the Sierra de Manantlán as *Eleutherodactylus manantlanensis*. Lemos-Espinal et al. (2020) lists *Eleutherodactylus rufescens* (= *E. nivicolimae*) for Colima; however, the specimen they list (USNM 161162) actually represents one of the type specimens of *E. nivicolimae*, and was collected 5 mi (8 km) W of Atenquique, Nevado de Colima, in the state of Jalisco. Thus, *E. rufescens* had not been collected in the state of Colima; however, below we report on the first specimens collected in the state.

### Family Hylidae

***Exerodonta sumichrasti*** – Lemos-Espinal (2020) reports this taxon for Colima, however this species is restricted to the Pacific Versant of southern Mexico in the states of Guerrero, Oaxaca, and Chiapas (Mendelson & Campbell, 1994). The specimen purportedly collected in Colima (USNM 57518) in fact represents *Exerodonta smaragdina*, which is common at moderate elevations across the state (Reyes-Velasco et al., 2009).

***Sarcohyla bistincta*** – Lemos-Espinal et al. (2020) lists this species as of possible occurrence in Colima; however, this species is restricted to southern and eastern Mexico (Campbell et al. 2018). The recently described *Sarcohyla hapsa* Campbell et al. (2018) should be considered of possible occurrence in Colima, particularly in the area around the Volcán de Colima and perhaps in the Sierra de Manantlán, but not throughout the state as reported by Lemos-Espinal et al. (2020).

### Family Ranidae

***Rana catesbeiana*** – Lemos-Espinal et al. (2020) reported this species for Colima based on a single farm that was breeding this species. The farm that housed these frogs recently closed and all frogs were euthanized (*pers. obs.*). The frog farm was located in the municipality of Coquimatlán (19.1404°N, 104.0164°W). This species is not known to have established populations anywhere in the state, and consequently should not be considered a member of the herpetofauna of Colima. However, because of the possibility of some individuals escaping the farm and establishing a breeding population, we have included *R. catesbeiana* in our list of species of possible occurrence.

***Rana berlandieri*** – Lemos-Espinal et al. (2020) reported this species for Colima; however, individuals of this species reported for Colima in fact represent *Rana forreri* and *R. neovolcanica*, which were previously considered *R. berlandieri* (Hillis et al., 1983). *Rana berlandieri* occurs on the Atlantic versant of the southern United States and eastern Mexico (Platz, 1991), and should not be considered a species of possible occurrence in Colima.

***Rana forreri*** – Lemos-Espinal et al. (2020) reported this species for the state; however, both Hillis et al. (1983) and Zaldívar-Riverón et al. (2004) showed that the use of the name *Rana forreri* should be restricted to populations from southern Sonora to northern Jalisco, while the population in Colima in fact represents a different and yet undescribed species. Here we refer to this species as *Rana af. forreri*.

***Rana pipiens*** – Painter (1976) reported multiple specimens of this species from Colima; however, these records are based on individuals of *R. af. forreri* (Hillis et al., 1983). *Rana pipiens* is restricted to the USA and Canada (Hillis et al., 1983).

***Rana psilonota*** – Lemos-Espinal et al. (2020) reported this species as of possible occurrence for the state; however, Webb (2001) listed a specimen from El Cobano, Colima (UTEP 1228-31) in his original description of the species.

***Rana sinaloae*** – Duellman (1958) reported this species for the state of Colima (UMMZ 115567); however, this is a junior synonym for *R. pustulosa* (Hillis et al., 1984).

#### Family Scaphiropodidae

***Spea hammondi*** – Martínez-Ortega (2005) listed this species for the state, but provides no locality data. This record is probably based on misidentification of individuals of *Spea multiplicata* as discussed below.

***Spea multiplicata*** – The only specimen from the state (TNHC 19343) reported by Lemos-Espinal et al. (2020) was supposed to have been collected by W. Porter in Tecolapa, municipality of Tecmán, which is located in tropical deciduous forest, a vegetation type that is unsuitable for *Spea multiplicata*. However, all other records collected by W. Porter on the same date are from San Luis Soyatlán, at Lake Chapala, Jalisco, where *Spea multiplicata* is common. Therefore, it is more likely that the specimen in question was collected there, and later mistakenly labeled with the locality from the previous day on the coast of Colima. It is possible that *S. multiplicata* does occur in Colima,

but on the slopes of the Volcán the Colima, and consequently, this species should be considered of possible occurrence. A record from the town of Quesería, in the slopes of the Volcán de Colima (CNAR AR5481) probably does represent this species; however, we were not able to examine that specimen.

#### Caudata

##### Family Ambystomatidae

***Ambystoma velasci*** – The only specimen (MNHN RA 1868.175) reported for the state of Colima by Lemos-Espinal et al. (2020) has questionable locality data as it is likely not from this state (*pers. obs.*). However, this species was first reported for the state by Painter (1976), and published by Reyes-Velasco et al. (2009).

***Ambystoma dumerilii*** – An individual of this species (HE 546) in the collection of Alfredo Dugès has the label “Colima” (Flores-Villela et al., 2016), conspicuously absent from the original description of this species by Dugès (1870). This locality is most likely in error as the species is thought to be restricted to Lake Pátzcuaro, Michoacán (Brandon, 1992).

##### Family Plethodontidae

***Pseudoeurycea leprosa*** – This species was reported as likely to occur in Colima by Lemos-Espinal et al. (2020). However, it is restricted to the Mexican Transverse Ranges in eastern Mexico, from central Estado de México to southern Puebla (Lynch et al., 1983). This species should not be considered as of possible occurrence in Colima.

#### REPTILIA

##### Squamata

##### Lacertilia

##### Family Corytophanidae

***Laemactes longipes*** – Lemos-Espinal et al. (2020) lists this species for Colima based on a single specimen (FMNH 1353). Multiple authors have previously questioned the validity of this locality for this species (Duellman, 1958; McCoy, 1968). It is very unlikely that this species occurs in Colima, as its known distribution is restricted to southeastern México and Central America (McCrane & Köhler, 2004); therefore, this species should not be considered as part of the herpetofauna of Colima.

### Family Dactyloidae

***Anolis nebuloides*** – Martínez-Ortega (2005) reported this species for the state; however, the only vouchered specimens of this species collected in Colima (UMMZ 80058–64; TNHC 110378) actually represent *A. nebulosus*. *Anolis nebuloides* is restricted to the Mexican state of Oaxaca (Köhler et al., 2014), and should not be considered a species of possible occurrence for Colima.

### Family Iguanidae

***Dipsosaurus dorsalis*** – Two specimens of this species (AMNH 125-126) are reported from the state by Painter (1976). However, the locality for these specimens is listed as “Mt. Colima”, and likely refers to a desert locality by that name. The southernmost locality for this species is hundreds of kilometers north at Topolobampo, Sinaloa (Bezy et al., 2017), and this species should not be considered as part of the herpetofauna of Colima.

### Family Phrynosomatidae

***Phrynosoma orbiculare*** – The only specimens from the state reported by Lemos-Espinal et al. (2020), MNHN RA-1654A-B, are the type series of *Tapaya orbiculare dugesii* Duméril & Bocourt 1870. However, the locality of these specimens and the occurrence of *P. orbiculare* in Colima has been questioned by various authors (Horowitz, 1955; Montanucci, 1979). The closest records of this species are from the Sierra Madre Occidental north of Guadalajara (AMNH 537), so it is very unlikely that this species occurs in Colima. Historically, many specimens of amphibians and reptiles were collected elsewhere and then shipped abroad from Colima, which has caused confusion regarding collecting localities for many species (Duellman, 1958). This species should not be considered as part of the herpetofauna of the state.

***Sceloporus asper*** – Painter (1976) reported this species for the state based on a single specimen (UMMZ 130924) from El Cobano, Cuahutémoc, Colima. However, the reported locality for this specimen is in error as it was actually collected on May 30, 1964 in the state of Michoacán, 2 mi 3.2 km E of Volcán Parícutín, according to the original field catalogue of K. Adler. Lemos-Espinal et al. (2020) does not list this species for the state; however, Pérez-Ramos and Saldaña-de La Riva (2008) reported on a specimen of *S. asper* (MZFC-RBSM R-251) collected at El Terrero, Cerro Grande, Colima (Fig. 1).

Herein, we report on a second specimen of this species from the opposite end of the state, in the Volcán de Colima. The full locality is: Mexico, Colima, Municipality of Cuahutémoc,

Montitlán (19.4023° N, 103.6171° W); 1 450 m of elevation; April 8, 2020. It was found on the trunk of a tree; photographed by Jacobo Reyes-Velasco; the photographs were deposited at University of Texas at Arlington Digital Collection, UTADC 9584. Verified by Eric N. Smith.

***Sceloporus dugesii*** – Lemos-Espinal et al. (2020) reported this species for Colima based on individuals housed at the Angelo State Natural History Collection (13801) collected in 1969 2 miles (3.2 km) south of Tonila, Jalisco, but in the state of Colima. Lemos-Espinal et al. claim that this is the oldest record for this species in Colima; however, they disregard the fact that the type locality for the species is in fact Colima, and the species was described in 1874 by Bocourt.

However, just as with *Phrynosoma orbiculare dugesii*, it is possible that the type locality reported by Bocourt is in error. We have not been able to examine the type series or the individuals housed at the Angelo State Natural History Collection, and we considered the occurrence of this species in Colima as possible but not confirmed.

***Sceloporus grammicus*** – Lemos-Espinal et al. (2020) reported this species as likely to occur in Colima. Recently, this species was collected in the foothills of the Volcán de Colima (Montaño-Ruvalcaba et al., *in press*).

***Sceloporus hunsakeri*** – A single specimen supposedly representing this species is listed on Vertnet (LACM 97340), from 12 mi (19.3 km) SW of Pihuamo, Jalisco. This individual is actually a *Sceloporus pyrocephalus* (*pers. obs.*). *Sceloporus hunsakeri* is endemic to the southern tip of the Baja California peninsula, and should not be considered a member of the herpetofauna of Colima.

***Sceloporus nelsoni*** – Lemos-Espinal et al. (2020) reported this species for the state; however, this species does not occur in Colima, as it is restricted to northwestern Mexico (Smith, 1939). Previous records of *S. nelsoni* from Colima are based on specimens of *S. pyrocephalus* (Smith 1939). This species should not be considered part of the herpetofauna of the state.

***Sceloporus torquatus*** – Lemos-Espinal et al. (2020) reported this species for the state based on a single specimen deposited in the Paris Museum (MNHN RA 0.2922); however, the range of this species is restricted to central and northern Mexico (Smith, 1936). The specimen from Colima is likely *S. bulleri*, and this species should be considered a species of possible occurrence until positively verified from the state.

***Sceloporus spinosus*** – Painter (1976) reported this species for the state based on two specimens (AMNH 15510-11) from Villa de Álvarez, Colima. However, It is more likely that these specimens actually represent *Sceloporus melanorhinus*, which is common in Colima, and not *S. spinosus*, which is restricted to Central Mexico (Smith, 1939), however we were not able to examine these specimen.

***Sceloporus variabilis*** – A single specimen supposedly of this species is listed on Vertnet (CAS 132191), from Manzanillo, Colima. However this species is endemic to eastern Mexico (Smith, 1939), and this record likely refers to *Sceloporus utiformis*. We were not able examine this specimen for proper identification.

#### Family Phyllodactylidae

***Phyllodactylus lanei*** – Lemos-Espinal et al. (2020) list this species for Colima, however, Ramírez-Reyes and Flores-Villela (2018) elevated the subspecies of *P. lanei* to the species level, of which *P. lanei rupinus* occur in the state. Additionally, Ramírez-Reyes and Flores-Villela (2018) described *P. benedettii* from Jalisco, and it is likely to occur in Colima. Ramírez-Reyes and Flores-Villela (2018) did not examined samples from Colima, so we suggest to consider *P. lanei* as possibly occurring in Colima until specimens are examined in order to determine their taxonomic identity, while *P. rupinus* is found in the state.

***Phyllodactylus tuberculosus*** – Lemos-Espinal et al. (2020) reported this species for the state based on a single specimen deposited in the Paris Museum (MNHN RA O.1657). This record most likely represents an individual of *P. rupinus*, which is part of the *P. tuberculosus* group (Dixon, 1964). *Phyllodactylus tuberculosus* is a wide ranging species across Mexico and central America, however no records exist in the coastal areas of Jalisco, Colima and Michoacán (Dixon, 1964). This species should be considered as of possible occurrence in the state until a specimen is positively identified as *P. tuberculosus*.

#### Family Scincidae

***Plestiodon indubitus*** – Feria-Ortiz et al. (2011) and Bryson et al. (2017) showed that *Plestiodon indubitus* is restricted to central Mexico, while the population referred to this species from the Volcan de Colima complex in fact represents a different and yet undescribed species. The population from the Sierra de Manantlán can also be referred to the same undescribed species (C. Pavón, pers. comm.). Therefore we refer to this species as *Plestiodon* af. *indubitus*.

#### Family Sphaerodactylidae

***Sphaerodactylus molei*** – Painter (1976) reported multiple specimens for Colima (AMNH 15616-21). However, this species is restricted to a few Caribbean islands and northern South America, and no additional specimens from Colima have been reported. It is likely that these records are in error, and in our opinion additional evidence is required to support the species' presence in the state.

#### Family Teiidae

***Aspidoscelis costatus*** – The specimen of *A. costatus* listed for Colima (USNM 31610) by Lemos-Espinal et al. (2020) is in fact correctly identified in the collection as an individual of *A. communis*. It is still possible that this species does occur in Colima; however, currently no specimens are known (Duellman & Zweifel, 1962), and therefore, it should be considered a species of possible occurrence.

***Aspidoscelis deppii*** – Lemos-Espinal et al. (2020) listed this species for Colima based on a single specimen (UAZ 06297) which was collected at “64.0 mi (103 km) E Colima, in the state of Jalisco”. This species is known from Michoacán to Central America (Duellman & Wellman, 1960), and has not been found in Colima. However, it should be considered a species of possible occurrence (see below).

***Aspidoscelis gularis*** – This species was reported by Martínez-Ortega (2005) for Colima, but he did not list any specimens. Multiple specimens for this species are reported in Vertnet; however, they represent *A. communis* (pers. obs.). *Aspidoscelis gularis* is restricted to central México, and therefore, it should be considered a species of possible occurrence in the state of Colima.

***Aspidoscelis guttatus*** – This species was reported for Colima by Lemos-Espinal et al. (2020) and Duellman (1958). However, these reports are based on a large individual of *A. lineattissimus* (ASNHC 13965) (pers. obs.). *Aspidoscelis guttatus* is restricted to southeastern Mexico and Central America (Kohler, 2000) and it should not be included as a part of the herpetofauna of Colima.

***Aspidoscelis sacki*** – Duellman (1958) and Martínez-Ortega (2005) reported this species for the state. Multiple individuals appear on Vertnet as having been collected from the state; however, they represent individuals of *A. communis*, which at some point was considered a subspecies of *A. sacki* (Smith & Taylor, 1950). Unfortunately, some museum collections have

not updated the taxonomy associated with these specimens. *Aspidoscelis sacki* is restricted to the Balsas Basin of Guerrero, Puebla, and Oaxaca (Barley et al., 2019) and therefore, it should not be included as a part of the herpetofauna of Colima.

## Serpentes

### Family Colubridae

***Geagras redimitus*** – Lemos-Espinal et al. (2020) and Smith (1976a) reported this species for Colima based on a single specimen (MVZ 75805). However, historically this species has been confused with *Tantilla calamarina* and the relationship between the two species remains unclear (Holm, 2008). Specimens assignable to this species are limited to the coast of Oaxaca (Wilson, 1988). More proximate records on the coast of Michoacán (UMMZ 114446-7) reported by Duellman (1961) in fact represent *Tantilla calamarina*. We recommend considering the occurrence of this species in Colima as doubtful until molecular work can be done in this group.

***Masticophis flagellum*** – Martínez-Ortega (2005) list this species for the state, but provides no locality data. Old records of this species likely represent *Masticophis lineatus* (= *M. mentovarius striolatus*), as *M. flagellum* is restricted to northern Mexico. This species should not be considered part of the herpetofauna of Colima. See account on *Masticophis mentovarius striolatus* below.

***Masticophis mentovarius*** – Lemos-Espinal et al. (2020) reported *M. mentovarius* for Colima, however O'Connell and Smith (2018) showed that the species reported for Colima (*M. mentovarius striolatus*) in fact represents a junior synonym of *M. lineatus*.

***Oxybelis fulgidus*** – This species was listed by Lemos-Espinal et al. (2020) based on a specimen (UCM 50138) which is in fact an individual of *Leptophis diplotrophis*. *Oxybelis fulgidus* is restricted to southern Mexico, Central and South America (Heimes, 2016) and does not occur in Colima.

***Salvadora lemniscata*** – This species was listed by Lemos-Espinal et al. (2020) as occurring in Colima based on a single individual (CAS 132121), which is in fact a juvenile *Salvadora mexicana*. *Salvadora lemniscata* is restricted to southern Mexico (Bogert, 1939) and should not be considered part of the herpetofauna of Colima.

***Tantilla planiceps bogerti* (= *T. yaquia*)** – Painter (1976) reported a specimen of this species for Colima (LACM 37333), which in

fact represents an individual of *T. boucourti*. Martínez-Ortega (2005) again reported this species for Colima. *Tantilla yaquia* is restricted to northwestern Mexico and southern Arizona (McDiarmid, 1977), and it should not be considered part of the herpetofauna of Colima.

### Family Crotalidae

***Crotalus atrox*** – A single record of this species from the state is listed on Vertnet (SDNHM 21358). This record is likely in error, as this species is restricted to northern and eastern Mexico with a single seemingly isolated population in Oaxaca (Campbell & Lamar, 2004). Despite extensive field work in the state, no additional specimens of *Crotalus atrox* have been recorded in Colima; therefore, the species should not be considered as part of Colima's herpetofauna.

***Crotalus polystictus*** – Duges (1887) described *Crotalus jimenezi* from Guanajuato, which is a junior synonym of *C. polystictus*. In his description of *C. jimenezi* Duges stated “I have received this ophidian from Silao, Colima and Guadalajara”. Since then multiple authors have made reference that this species occurs or is likely occurs in Colima (Campbell & Lamar, 2004; McCranie, 1976), despite the fact that no specimens exist for the state. The closest records for *C. polystictus* come from the Sierra de Tapalpa, approximately 50 km away; however, there is little suitable habitat for this species in the region around the Volcán de Colima and on the Cerro Grande (*pers. obs.*), so it is unlikely for this species to be found in Colima. Nonetheless, this species should be considered as of possible occurrence until further sampling can confirm or rule out its existence in the state.

### Family Dipsadidae

***Leptodeira annulata*** – Martínez-Ortega (2005) reported this species for the state, however he did not list any specimens. These records are probably based on individuals of *L. maculata*, as *L. annulata* is a polytypic species restricted to South America (Daza et al., 2009).

***Rhadinaea fulvivittis*** – This species was reported for Colima by Martínez-Ortega (2005); however, he did not list any voucher specimens. This species is restricted to the Sierra Madre Oriental of Puebla, Veracruz and Oaxaca (Heimes, 2016), and should not be considered part of the herpetofauna of Colima.

***Rhadinaea taeniata*** – The only specimen for the state reported by Lemos-Espinal et al. (CAS 121078) is in fact a *Rhadinaea hesperia*. Currently, this species is not known from Colima;

however, it has been collected near Colima in both Jalisco and Michoacán, and should be considered a species of possible occurrence in the state.

***Geophis dugesii*** – The only specimen listed by Lemos-Espinal et al. (2020) from Colima (MCZ R-11422) was originally reported as “*Dirosema omiltemanum*” and is the holotype of *Geophis semiannulatus*, and its most likely an error with the locality information. The status of this specimen has been discussed previously (Downs, 1967). *Geophis dugesii* has not been collected from Colima; however, the closest population of *G. dugesii* is at Cerro García, Jalisco (Grünwald et al. *in prep*), approximately 100 km NE of Colima. This species should be considered as of possible occurrence in the state.

#### Family Elapidae

***Micrurus diastema*** – Duellman (1958) reported this species for the state, however it is likely that these records are based on *M. browni*, as *M. diastema* is restricted to southern Mexico in the states of Veracruz, Tabasco, Oaxaca and Chiapas (Reyes-Velasco et al. 2020). This species should not be considered as part of the herpetofauna of Colima.

***Micrurus proximans*** – This species was first listed for the state by Reyes-Velasco et al. (2012) and then again by Lemos-Espinal et al. (2020). This species has recently been synonymized with *M. browni* (Reyes-Velasco et al. 2020). *Micrurus browni* should be considered part of the herpetofauna of Colima while *M. proximans* is a junior synonym of *M. browni*.

***Micrurus tener*** – This species was reported by Reyes-Velasco et al. (2009) and again by Lemos-Espinal et al. (2020), however, recently Reyes-Velasco et al. (2020) showed that, in fact, this population actually represents *M. browni*. *Micrurus tener* is restricted to the east coast of Mexico and should not be considered as part of the herpetofauna of Colima (Reyes-Velasco et al., 2020).

#### Family Natricidae

***Thamnophis eques*** – A specimen in the University of Illinois (UIMNH 84344) is from “Hilo de Naranjo, 1 mile (1.6 km) across Colima state line”. Information on this specimen does not list the state it was collected. This locality does not exist on any maps, nor are locals familiar with it. There is a locality called El Naranjal, approximately one mile from the Colima / Jalisco border on the Colima - Sahuayo highway; however, it is on the Jalisco side of the border. Additionally, the habitat at this locality

is not congruent with the known habitat of *T. eques*. We have not been able to examine that specimen; however, because of the imprecise locality we doubt Colima as the provenance if it is in fact *T. eques*. Due to suitable habitat for *T. eques* near the town of Montitlán, on the slopes of the Volcán de Colima, we consider this species as of possible occurrence in the state.

***Thamnophis melanogaster*** – Lemos-Espinal et al. (2020) reported on a specimen of this species deposited at the Paris Museum (MNHN RA 1868.161). A second specimen of this species with locality data listed as “Colima” is deposited at the Museum of Comparative Zoology (MCZ R-11421), Harvard University. We were not able to examine either one of these specimens to corroborate their identity; however, the second specimen from Colima (MCZ R-11421) was collected alongside other specimens with erroneous locality data (see account on *Geophis dugesii*). We believe that these two specimens have erroneous locality data. A specimen at the University of Illinois (UIMNH 84350) is from 26.1 mi (42 km) NE of Colima. While this locality is listed to be in Colima, that mileage actually puts it in the vicinity of San Marcos, Jalisco. This is likely the closest known locality to Colima, and the similarity of the habitat to some areas on the slopes of the Volcán de Colima suggest that this species may occur in the state.

#### Family Sibynophiidae

***Scaphiodontophis zateki nothus*** – Painter (1976) reported a specimen of this now invalid species for Colima (AMNH 22735); however, no locality data exist for this specimen other than “Mexico, probably”. The genus *Scaphiodontophis* is not known from the Pacific versant of Mexico north of Chiapas (Heimes, 2016), and it should not be considered part of the herpetofauna of Colima.

#### Testudines

#### Family Cheloniidae

***Eretmochelys imbricata*** – Lemos-Espinal et al. (2020) listed this species as likely to occur in Colima; however, two records already exist for this species in the state. The first one was collected by James A. Oliver in 1935, with locality information listed as “Colima” (UMMZ 80350). The other record is a skeleton collected on the Revillagigedo Islands (SDNHM 47161). Neither of these records had been previously published.

#### Family Emydidae

***Trachemys scripta*** – This introduced species was not reported

by Lemos-Espinal et al. (2020). Loeza-Corichi (2004) lists this species for the Cerro Grande region of Jalisco-Colima; however, she does not list any museum vouchers. Despite the occurrence of multiple individuals of this species in many bodies of water in the state, it is unknown if a breeding population has been established in Colima (*pers. obs.*).

#### Family Geomydidae

***Callopsis areolata* (= *Rhinoclemmys areolata*)** – Painter (1976) listed multiple specimens of this species for the state (UMMZ 80338, UMMZ 80339–46; UMMZ 80347–49.); however, these individuals are actually *R. pulcherrima*. *Rhinoclemmys areolata* is restricted to the Yucatan Peninsula (Legler & Vogt, 2013); therefore, should not be considered part of the herpetofauna of the state.

***Callopsis punctularia* (= *Rhinoclemmys punctularia*)** – Painter (1976) reported three specimens for Colima (UMMZ 80335–37); however, these records are based on specimens of *Rhinoclemmys rubida*. *Rhinoclemmys punctularia* is restricted to South America (Rhodin et al., 2017), and should not be considered part of the herpetofauna of the state.

#### Crocodylia

##### Family Crocodylidae

***Crocodylus moreletii*** – Lemos-Espinal et al. (2020) do not report on the occurrence of this introduced species in Colima; however, it has been established in some coastal areas of the state for several years now, specifically in the municipality of Tecmán (Lavín et al., 2014).

#### New state records for the state of Colima

Below we report on records of species that had not previously been reported for the state of Colima. These new reports are either based on specimens collected by us, or on specimens in museum collections that were not previously published and that we have positively identified.

#### AMPHIBIA

##### Anura

***Eleutherodactylus angustidigitum*** – MEXICO; Colima; Municipality of Cuauhtémoc; 9.1 km (airline) N of Montitlán; 19.4841° N, 103.6165° W (WGS 84); 2590 m elev.; June 14, 2020; Photographed by Jacobo Reyes-Velasco; One individual found

under a rock in a lava flow surrounded by pine-oak woodland; University of Texas at Arlington Digital Collection, UTADC 9624. Verified by Thomas J. Devitt. MEXICO; Colima; Municipality of Cuauhtémoc; 7.5 km (airline) N of Montitlán; 19.4698° N, 103.6173° W (WGS 84); 2150 m elev.; July 19, 2020; Photographed by Jacobo Reyes-Velasco. One individual found calling from a small bush in pine-oak woodland; University of Texas at Arlington Digital Collection, UTADC 9625. Verified by Thomas J. Devitt. First records for the state. Closest published records for this species are from near Atenquique, Jalisco, approximately 11 km to the NE. Lemos-Espinal et al. (2020) reported this species for Colima, however the specimen reported for Colima (LACM 25450) is from 6 mi (9.6 km) W. Atenquique, Jalisco, on the slopes of the Nevado de Colima, but in the state of Jalisco, not Colima.

***Eleutherodactylus petersi*** – MEXICO; Colima; Municipality of Cuauhtémoc; 3.5 km (airline) N of Montitlán; 19.4334° N, 103.6147° W (WGS 84); 1650 m elev.; June 29, 2020; Photographed by Jacobo Reyes-Velasco; One individual found calling from a bush in an old lava flow surrounded by pine-oak woodland; University of Texas at Arlington Digital Collection, UTADC 9626. Verified by Thomas J. Devitt. First record for the state. This species was reported by Duellman (1958) for Colima; however, the specimens he reported probably represent *E. orarius*, based on the locality where they were collected, Colima city and Tecolapa, both at elevations of less than 500 meters, which is lower than the known distribution of *E. petersi*. Additionally, Tecolapa is the type locality of *Eleutherodactylus orarius* (Dixon, 1957).

***Eleutherodactylus rufescens*** – MEXICO; Colima; Municipality of Cuauhtémoc; 7 km (airline) NNW of Montitlán; 19.4623° N, 103.6386° W (WGS 84); 1846 m elev.; March 30, 2020; Photographed by Jacobo Reyes-Velasco; two individuals collected under a rock in pine-oak woodland; Museo de Zoología, Facultad de Ciencias (MZFC), UNAM, MZFC-26910–11. First record for the state. Closest published records for this species are from near Atenquique, Jalisco, approximately 11 km to the NE (Dixon & Webb, 1966). Lemos-Espinal et al. (2020) reported this species for Colima; however, the specimen they report was actually collected in Jalisco (see discussion on this species above).

#### REPTILIA

##### Squamata

##### Lacertilia

##### Family Phrynosomatidae

***Sceloporus insignis*** – MEXICO; Colima; Municipality of Cuauhtémoc; 10 km (airline) NNW of Quesería; 19.4679° N, 103.6182° W (WGS 84); 2128 m elev.; March 30, 2020; Photographed by Jacobo Reyes-Velasco; Found under a rock in pine-oak woodland; University of Texas at Arlington Digital Collection, UTADC 9585. Verified by Eric N. Smith. First record for the state. Closest records for this species are approximately 14 km (airline) to the east at 6 km west of Atenquique (Webb, 1967). This species is only known from the Sierra de Coalcomán in Michoacán and from the Nevado de Colima-Volcán de Colima, complex in Jalisco (Webb, 1967).

***Sceloporus siniferus*** – MEXICO; Colima; Municipality of Colima; 4.4 km (by air) SSW of Estapilla; 18.9417° N, 103.5422° W (WGS 84); 219 m elev.; May 27, 2009; Photographed by Jacobo Reyes-Velasco; Found on a tree branch in tropical thorn scrub; University of Texas at Arlington Digital Collection, UTADC 9586. Verified by Eric N. Smith. First record for the state. This species was known from the Pacific versant of Mexico, from Chiapas to Michoacán, as well as Guatemala (Duellman, 1961; Smith & Taylor, 1950). Closest published localities are from the coast of Michoacán (Duellman, 1961).

## Serpentes

### Family Colubridae

***Ficimia publia*** – MEXICO; Colima; Municipality of Coquimatlán; 13 mi SW of Colima; 19.1290° N, 103.8526° W (WGS 84); 239 m elev.; August 23 1963; Theodore J. Papenfuss and William Gillingham; Museum of Vertebrate Zoology (MVZ) 76354. This specimen represents the first record for Colima and fills a gap in the known distribution of the species between records from approximately 140 km to the west, at Chamela, Jalisco (García & Valtierra-Azotla, 1996) and 70 km southeast at Chinicuila, Michoacán (Torres-Pérez-Coeto et al., 2016).

### Family Crotalidae

***Crotalus armstrongi*** – MEXICO; Colima; Municipality of Cuauhtémoc; 7.7 km (airline) NNW of Quesería; 19.4726° N, 103.6189° W (WGS 84); 2200 m elev.; July 25, 2020; Jason M. Jones, Hector Franz & Jacobo Reyes-Velasco; Found under a rock in pine-oak woodland; University of Texas at Arlington Digital Collection, UTADC 9622. Verified by Jonathan A. Campbell. First record for the state. Closest records for this species are approximately 10 km (airline) to the NE at 17mi (27.3 km) west of Atenquique, Jalisco (LACM 25944). Reyes-Velasco et al. (2008) list this species for the state, however the specimens reported in

fact represent the recently described *Crotalus campbelli* (Bryson et al., 2014)".

### Family Dipsadidae

***Geophis tarascae*** – MEXICO; Colima; Municipality of Cuauhtémoc; approximately 7 km (airline) NNW of Montitlán; 19.4623° N, 103.6386° W (WGS 84); 1846 m elev.; December 11, 2019; Photographed by Jacobo Reyes-Velasco; found under a rock in pine-oak woodland; University of Texas at Arlington Digital Collection, UTADC 9581. Verified by Luis Canseco-Márquez. This is the first record for the state of Colima, and is located approximately 14 km west from the nearest record near Atenquique, on the Nevado de Colima, Jalisco (Dixon, 1968).

***Geophis bicolor*** – MEXICO; Colima; Municipality of Cuauhtémoc; 10 km (airline) NNW of Quesería; 19.4679° N, 103.6182° W (WGS 84); 2128 m elev.; July 20, 2020; Photographed by Jacobo Reyes-Velasco; Found under a rock in pine-oak woodland; University of Texas at Arlington Digital Collection, UTADC 9623. Verified by Luis Canseco-Márquez. This is the first record for the state of Colima, and is located approximately 12 km west from the nearest record near Atenquique, on the Nevado de Colima, Jalisco (Dixon, 1968).

### Family Leptotyphlopidae

***Indotyphlops braminus*** – MEXICO; Colima; Municipality of Villa de Alvarez; City of Villa de Alvarez, Parque El Topocharco; 19.2631° N, 103.7535° W (WGS 84); 507 m elev.; May 6th, 2007; Photographed by Jacobo Reyes-Velasco. University of Texas at Arlington Digital Collection, UTADC 9582. Verified by David Sanchez. First published record for the state. This species has been introduced throughout many regions of the world as it is widely distributed in Mexico. This species has been established in Colima for years and is commonly found in urban gardens, but no published records existed until now.

With the revision of previous erroneous records and the addition of new state records, we list all the known species of amphibians and reptiles for the state of Colima in Tables 1 and 2, respectively.

### List of species that are likely to occur in Colima but with no published records

Despite the growing interest in the herpetofauna of Colima,

Tabla 1. Lista revisada de los anfibios de Colima.

Table 1. Revised list of the amphibians of Colima.

| Amphibia |                     |                                           |                  |
|----------|---------------------|-------------------------------------------|------------------|
|          | Family              | Species                                   | Notes            |
| Anura    | Bufonidae           | <i>Anaxyrus compactilis</i>               |                  |
|          |                     | <i>Incilius marmoreus</i>                 |                  |
|          |                     | <i>Incilius mazatlanensis</i>             |                  |
|          |                     | <i>Incilius occidentalis</i>              |                  |
|          |                     | <i>Rhinella horribilis</i>                |                  |
|          | Craugastoridae      | <i>Craugastor augusti</i>                 |                  |
|          |                     | <i>Craugastor hobartsmithi</i>            |                  |
|          |                     | <i>Craugastor occidentalis</i>            |                  |
|          |                     | <i>Craugastor vocalis</i>                 |                  |
|          | Eleutherodactylidae | <i>Eleutherodactylus angustidigitorum</i> | New State Record |
|          |                     | <i>Eleutherodactylus colimotl</i>         |                  |
|          |                     | <i>Eleutherodactylus grunwaldi</i>        |                  |
|          |                     | <i>Eleutherodactylus manantlanensis</i>   |                  |
|          |                     | <i>Eleutherodactylus modestus</i>         |                  |
|          |                     | <i>Eleutherodactylus orarius</i>          |                  |
|          |                     | <i>Eleutherodactylus petersi</i>          | New State Record |
|          |                     | <i>Eleutherodactylus rufescens</i>        | New State Record |
|          | Hylidae             | <i>Dendropsophus sartori</i>              |                  |
|          |                     | <i>Dryophytes arenicolor</i>              |                  |
|          |                     | <i>Dryophytes eximius</i>                 |                  |
|          |                     | <i>Exerodonta smaragdina</i>              |                  |
|          |                     | <i>Smilisca baudini</i>                   |                  |
|          |                     | <i>Smilisca fodiens</i>                   |                  |
|          |                     | <i>Tlalocohyla smithii</i>                |                  |
|          |                     | <i>Trachycephalus vermiculatus</i>        |                  |
|          |                     | <i>Triprion spatulatus</i>                |                  |
|          | Leptodactylidae     | <i>Leptodactylus fragilis</i>             |                  |
|          |                     | <i>Leptodactylus melanonotus</i>          |                  |
|          | Microhylidae        | <i>Hypopachus ustus</i>                   |                  |
|          |                     | <i>Hypopachus variolosus</i>              |                  |
|          | Phyllomedusidae     | <i>Agalychnis dacnicolor</i>              |                  |

**Amphibia**

|                    | Family         | Species                  | Notes |
|--------------------|----------------|--------------------------|-------|
| <b>Anura</b>       | Ranidae        | <i>Rana af. forreri</i>  |       |
|                    |                | <i>Rana neovolcanica</i> |       |
|                    |                | <i>Rana psilonota</i>    |       |
|                    |                | <i>Rana pustulosa</i>    |       |
|                    |                | <i>Rana zweifeli</i>     |       |
|                    | Scaphiopodidae | <i>Spea multiplicata</i> |       |
| <b>Caudata</b>     | Ambystomatidae | <i>Ambystoma velasci</i> |       |
|                    | Plethodontidae | <i>Isthmura belli</i>    |       |
| <b>Gymnophiona</b> | Caecilidae     | <i>Dermophis oaxacae</i> |       |

**Tabla 2.** Lista revisada de los reptiles de Colima.**Table 2.** Revised list of the reptiles of Colima.**Reptilia**

|                                | Family          | Species                        | Notes      |
|--------------------------------|-----------------|--------------------------------|------------|
| <b>Squamata<br/>Lacertilia</b> | Anguidae        | <i>Barisia imbricata</i>       |            |
|                                |                 | <i>Elgaria kingii</i>          |            |
|                                |                 | <i>Gerrhonotus liocephalus</i> |            |
|                                | Corytophanidae  | <i>Basiliscus vittatus</i>     |            |
|                                | Dactyloidae     | <i>Anolis nebulosus</i>        |            |
|                                | Eublepharidae   | <i>Coleonyx elegans</i>        |            |
|                                | Geckonidae      | <i>Gehyra mutilata</i>         | Introduced |
|                                |                 | <i>Hemidactylus frenatus</i>   | Introduced |
|                                | Helodermatidae  | <i>Heloderma horridum</i>      |            |
|                                | Iguanidae       | <i>Ctenosaura pectinata</i>    |            |
|                                |                 | <i>Iguana iguana</i>           |            |
|                                | Phrynosomatidae | <i>Phrynosoma asio</i>         |            |
|                                |                 | <i>Sceloporus asper</i>        |            |
|                                |                 | <i>Sceloporus bulleri</i>      |            |
|                                |                 | <i>Sceloporus dugesii</i>      |            |
|                                |                 | <i>Sceloporus grammicus</i>    |            |

| Reptilia                       |                  |                                  |                       |
|--------------------------------|------------------|----------------------------------|-----------------------|
|                                | Family           | Species                          | Notes                 |
| <b>Squamata<br/>Lacertilia</b> | Phrynosomatidae  | <i>Sceloporus horridus</i>       |                       |
|                                |                  | <i>Sceloporus insignis</i>       | New State Record      |
|                                |                  | <i>Sceloporus melanorhinus</i>   |                       |
|                                |                  | <i>Sceloporus pyrocephalus</i>   |                       |
|                                |                  | <i>Sceloporus siniferus</i>      | New State Record      |
|                                |                  | <i>Sceloporus unicanthalis</i>   |                       |
|                                |                  | <i>Sceloporus utiformis</i>      |                       |
|                                |                  | <i>Urosaurus auriculatus</i>     | Revillagigedo Islands |
|                                |                  | <i>Urosaurus bicarinatus</i>     |                       |
|                                |                  | <i>Urosaurus clarionensis</i>    | Revillagigedo Islands |
|                                | Phyllodactylidae | <i>Phyllodactylus davisi</i>     |                       |
|                                |                  | <i>Phyllodactylus rupinus</i>    |                       |
|                                | Scincidae        | <i>Marisora aquilonaria</i>      |                       |
|                                |                  | <i>Plestiodon colimensis</i>     |                       |
|                                |                  | <i>Plestiodon af. indubitus</i>  |                       |
|                                |                  | <i>Plestiodon parvulus</i>       |                       |
|                                |                  | <i>Scincella assata</i>          |                       |
|                                | Teiidae          | <i>Aspidozelis communis</i>      |                       |
|                                |                  | <i>Aspidozelis lineatissimus</i> |                       |
|                                |                  | <i>Holcosus sinister</i>         |                       |
|                                | Xantusiidae      | <i>Lepidophyma tarascae</i>      |                       |
|                                | Boidae           | <i>Boa sigma</i>                 |                       |
| <b>Serpentes</b>               | Colubridae       | <i>Conopsis biserialis</i>       |                       |
|                                |                  | <i>Drymarchon melanurus</i>      |                       |
|                                |                  | <i>Drymobius margaritiferus</i>  |                       |
|                                |                  | <i>Ficimia publia</i>            | New State Record      |
|                                |                  | <i>Lampropeltis polyzona</i>     |                       |
|                                |                  | <i>Leptophis diplotropis</i>     |                       |
|                                |                  | <i>Masticophis anthonyi</i>      | Revillagigedo Islands |
|                                |                  | <i>Masticophis bilineatus</i>    |                       |
|                                |                  | <i>Masticophis lineatus</i>      |                       |
|                                |                  | <i>Mastigodryas melanolomus</i>  |                       |

| Reptilia  |            |                                |                       |
|-----------|------------|--------------------------------|-----------------------|
|           | Family     | Species                        | Notes                 |
| Serpentes | Colubridae | <i>Oxybelis aeneus</i>         |                       |
|           |            | <i>Pituophis deppei</i>        |                       |
|           |            | <i>Pseudoficimia frontalis</i> |                       |
|           |            | <i>Salvadora mexicana</i>      |                       |
|           |            | <i>Senticolis triaspis</i>     |                       |
|           |            | <i>Sonora michoacensis</i>     |                       |
|           |            | <i>Symphimus leucostomus</i>   |                       |
|           |            | <i>Tantilla bocourti</i>       |                       |
|           |            | <i>Tantilla calamarina</i>     |                       |
|           |            | <i>Tantilla ceboruca</i>       |                       |
|           |            | <i>Trimorphodon biscutatus</i> |                       |
|           |            | <i>Trimorphodon tau</i>        |                       |
|           | Crotalidae | <i>Agkistrodon bilineatus</i>  |                       |
|           |            | <i>Crotalus armstrongi</i>     | New State Record      |
|           |            | <i>Crotalus basiliscus</i>     |                       |
|           |            | <i>Crotalus campbelli</i>      |                       |
|           |            | <i>Crotalus lannomi</i>        |                       |
|           |            | <i>Crotalus pusillus</i>       |                       |
|           |            | <i>Porthidium hespere</i>      |                       |
|           | Dipsadidae | <i>Clelia scytalina</i>        |                       |
|           |            | <i>Coniophanes lateritius</i>  |                       |
|           |            | <i>Conopsis vittatus</i>       |                       |
|           |            | <i>Dipsas gaigeae</i>          |                       |
|           |            | <i>Enallia flavitorques</i>    |                       |
|           |            | <i>Geophis pyburni</i>         |                       |
|           |            | <i>Geophis sieboldi</i>        |                       |
|           |            | <i>Geophis bicolor</i>         | New State Record      |
|           |            | <i>Geophis tarascae</i>        | New State Record      |
|           |            | <i>Hypsiglena torquata</i>     |                       |
|           |            | <i>Hypsiglena unaocularis</i>  | Revillagigedo Islands |
|           |            | <i>Imantodes gemmistratus</i>  |                       |
|           |            | <i>Leptodeira maculata</i>     |                       |

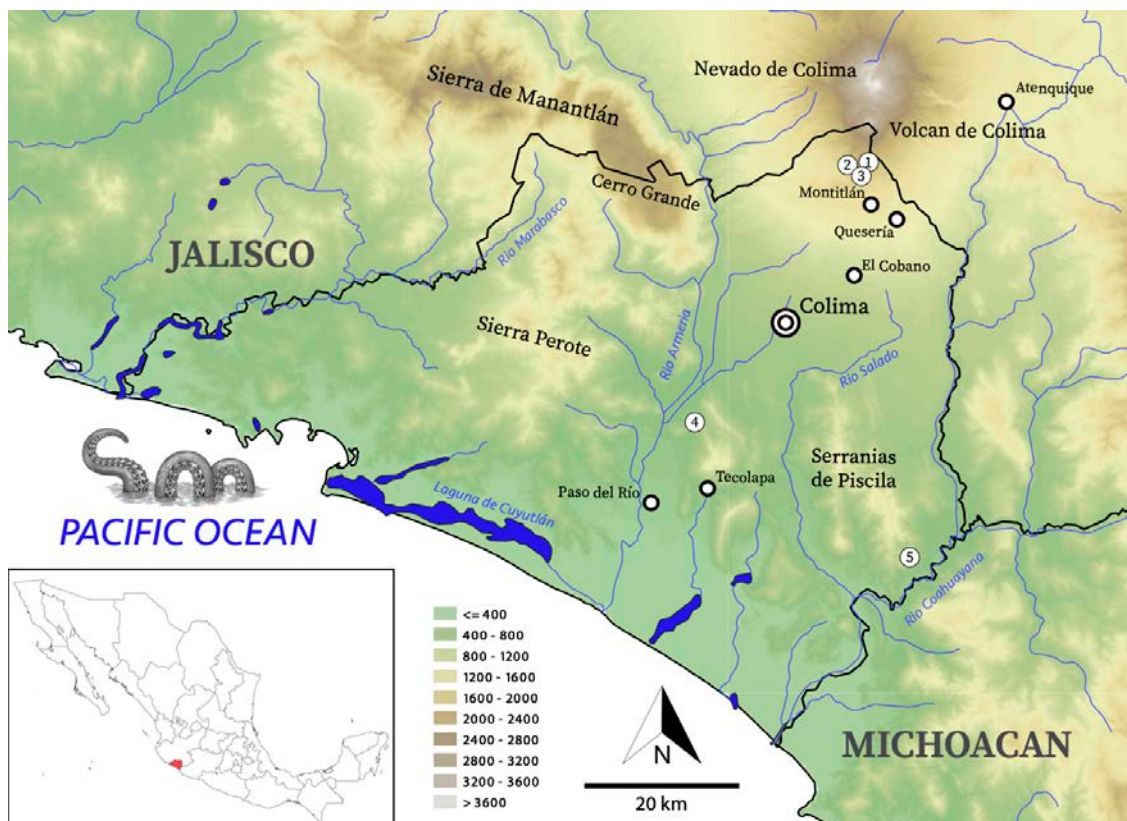
| Reptilia   |                  |                                      |                               |
|------------|------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
|            | Family           | Species                              | Notes                         |
| Serpentes  | Dipsadidae       | <i>Leptodeira septentrionalis</i>    |                               |
|            |                  | <i>Leptodeira splendida</i>          |                               |
|            |                  | <i>Leptodeira uribei</i>             |                               |
|            |                  | <i>Manolepis putnami</i>             |                               |
|            |                  | <i>Pseudoleptodeira latifasciata</i> |                               |
|            |                  | <i>Rhadinaea hesperia</i>            |                               |
|            |                  | <i>Sibon nebulatus</i>               |                               |
|            |                  | <i>Tropidodipsas annulifera</i>      |                               |
|            |                  | <i>Tropidodipsas philippii</i>       |                               |
|            | Elapidae         | <i>Hydrophis platurus</i>            |                               |
|            |                  | <i>Micrurus browni</i>               |                               |
|            |                  | <i>Micrurus distans</i>              |                               |
|            |                  | <i>Micrurus laticollaris</i>         |                               |
|            | Leptotyphlopidae | <i>Epictia bakewelli</i>             |                               |
|            |                  | <i>Indotyphlops braminus</i>         | New State Record / Introduced |
|            |                  | <i>Rena dugesii</i>                  |                               |
|            | Loxocemidae      | <i>Loxocemus bicolor</i>             |                               |
|            | Natricidae       | <i>Storeria storerioides</i>         |                               |
|            |                  | <i>Thamnophis cyrtopsis</i>          |                               |
|            |                  | <i>Thamnophis validus</i>            |                               |
| Testudines | Cheloniidae      | <i>Caretta caretta</i>               |                               |
|            |                  | <i>Chelonia mydas</i>                |                               |
|            |                  | <i>Eretmochelis imbricata</i>        |                               |
|            |                  | <i>Lepidochelys olivacea</i>         |                               |
|            | Dermochelyidae   | <i>Dermochelys coriacea</i>          |                               |
|            | Emydidae         | <i>Trachemys scripta</i>             | Introduced                    |
|            | Geoemydidae      | <i>Rhinoclemmys pulcherrima</i>      |                               |
|            |                  | <i>Rhinoclemmys rubida</i>           |                               |
|            | Kinosternidae    | <i>Kinosternon chimalhuaca</i>       |                               |
|            |                  | <i>Kinosternon integrum</i>          |                               |
| Crocodylia | Crocodylidae     | <i>Crocodylus acutus</i>             |                               |
|            |                  | <i>Crocodylus moreletii</i>          | Introduced                    |

much work remains to be done, especially in the mountainous areas such as the Volcán de Colima, the Sierra de Manantlán and the Serranías de Piscila (see Fig. 1). It is possible that many species that have not been reported for the state could be found there. The species that could potentially occur in Colima can be divided into five categories: 1) Coastal plain species known from the coast of Michoacán or Jalisco, but not Colima; 2) Species that occur in the Tepalcatepec Valley of Jalisco and Michoacán, which could enter the dry river valleys in the northeastern corner of the state; 3) Species that occur in the coastal sierras of Jalisco, such as Sierra Cuale, Sierra Mascota, Sierra Cacoma and Sierra de Manantlán, which could occur in the eastern portions of the Sierra de Manantlán; 4) Species occurring in the Sierra de Coalcomán in Michoacán, which could occur in the Serranías de Piscila or in the Sierra de Manantlán and 5) Species that occur in the western portion of the Trans-Mexican Volcanic Belt in

Jalisco, such as the Sierra de Tapalpa, Sierra del Tigre, or the Jalisco portion of the Volcán-Nevaldo de Colima complex, but have not been reported on the Colima side. We present a list of species of amphibians and reptiles that could potentially occur in Colima in Table 3, while Figure 2 shows the location of areas discussed in Table 3.

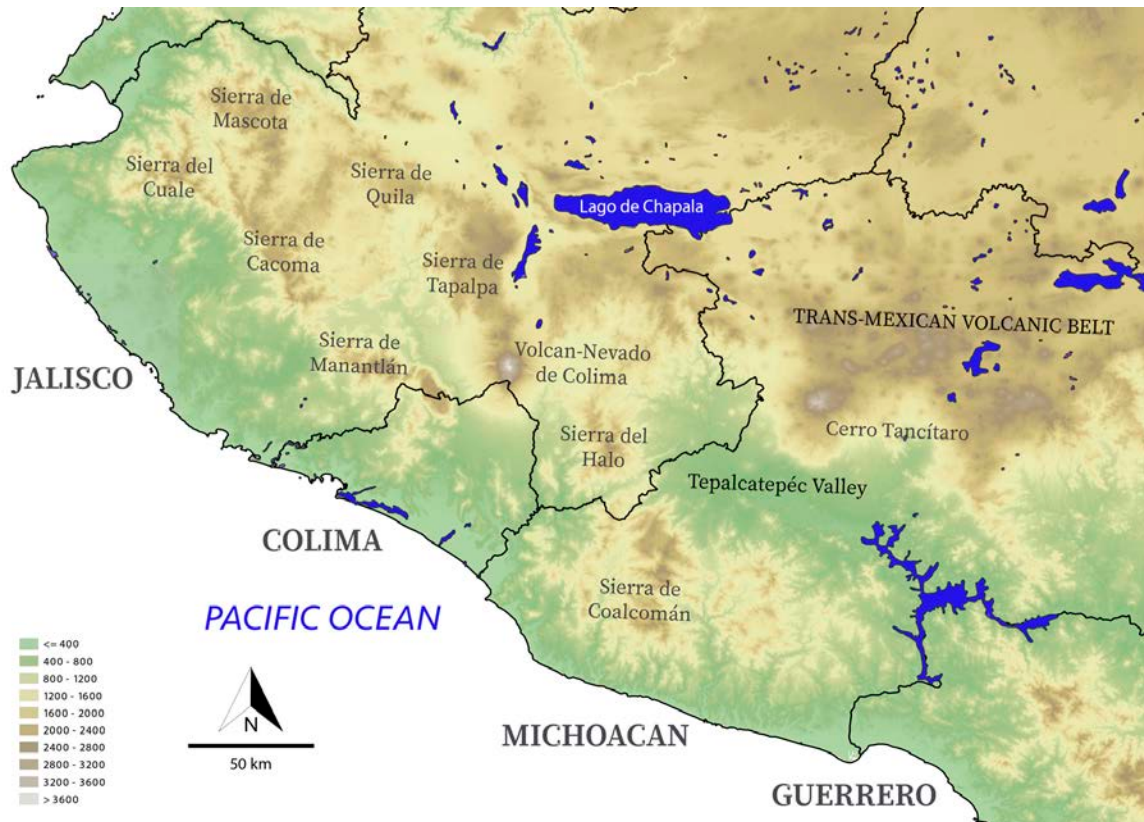
## DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Our revision of the herpetofauna of Colima shows that it is composed of 38 species of amphibians (37 frogs, two salamanders & one caecilian) and 112 species of reptiles (63 snakes, 37 lizards, 10 turtles & two crocodilians). Of all species in Colima, five species of reptiles are introduced. We also show that 56 other species, 9 amphibians and 47 reptiles could potentially occur in the state but have not been collected yet.



**Figura 1.** Mapa de Colima mostrando las localidades mencionadas en el texto. Los números representan las localidades de nuevos registros para el estado. 1) *Eleutherodactylus angustidigitum*, *Crotalus armstrongi*, *Geophis bicolor* & *Sceloporus insignis*; 2) *Eleutherodactylus rufescens* & *Geophis tarascae*; 3) *Eleutherodactylus petersi*; 4) *Ficimia publia*; 5) *Sceloporus siniferus*. *Indotyphlops braminus* fue encontrado en la zona metropolitana de la ciudad de Colima.

**Figure 1.** Map of Colima showing localities discussed in the text. Numbers represent localities of new records for the state. 1) *Eleutherodactylus angustidigitum*, *Crotalus armstrongi*, *Geophis bicolor* & *Sceloporus insignis*; 2) *Eleutherodactylus rufescens* & *Geophis tarascae*; 3) *Eleutherodactylus petersi*; 4) *Ficimia publia*; 5) *Sceloporus siniferus*. *Indotyphlops braminus* was found on the Colima metropolitan area.



**Figura 2.** Mapa del occidente de México mostrando las localidades mencionadas en la Tabla 2.

**Figure 2.** Map of western Mexico showing localities discussed in Table 2.

Researchers should take care when deciding what species to include or exclude from a particular checklist, particularly if they haven't collected or examined the specimens themselves. Publishing checklists that are not carefully put together could potentially do more harm than good, as governmental agencies, as well as other institutions and researchers use these lists for a multitude of goals, including conservation planning. As we discussed above, the herpetofaunal list for the state of Colima published by Lemos-Espinal et al. (2020) is a prime example of a poorly compiled herpetofaunal checklist. Lemos-Espinal et al. used unverified records in online databases such as Vernet and GBIF, with no apparent effort to confirm identifications, and did not review localities to determine if they were indeed in the state. In recent years there has been an increase in herpetofaunal checklists afflicted by similar inaccuracies and omissions, prompting one of us (JRV) to address some of the common issues with many of the recently published state lists for Mexico (Reyes-Velasco & Ramírez-Chaparro, 2019). After having reviewed other publications by these authors, we have observed lots of errors on other herpetofaunal state lists for Mexico and we encourage other herpetologists to revise those state lists as well.

**Acknowledgements.**— We would like to thank the following institutions and individuals for their assistance: American Museum of Natural History (AMNH), Frank Burbrink, David Kizirian & Lauren Vonnahme; Angelo State Natural History collection (ASNHC), Dianna Krejsa; California Academy of Sciences (CAS), Rayna Bell & Lauren Scheinberg; Field Museum of Natural History (FMNH), Alan Resetar & Joshua Mata; Los Angeles County Museum (LACM), Greg Pauly & Neftali Camacho; Harvard University (MCZ), James Hanken & Jose Rosado; Museo de Zoológica Facultad de Ciencias, UNAM (MZFC), Oscar Flores-Villela & Edmundo Perez-Rámos; Museum Nationale de Historia Naturale (MNH), Annemarie Ohler & Nicolas Vidal; Universidad Nacional Autónoma de México (CNAR), Omar Hernandez & Raquel Hernández-Austria; University of Colorado (UCM), Emily Braker; University of Florida (UF); University of Illinois Museum of Natural History, Daniel Wylie; University of Florida, David Blackburn & Coleman Sheehy III; University of Texas at Arlington (UTA), Jonathan Campbell & Gregory Pandelis; University of Texas at Austin (TNHC), Travis LaDuc; University of Michigan (UMMZ), Gregory Schneider. We would also like to thank the following individuals for their help

**Tabla 3.** Lista de las especies de anfibios y reptiles de posible ocurrencia en Colima.**Table 3.** List of species of amphibians and reptiles of possible occurrence in Colima.

|                                             | Family              | Species                                 | Distribution                          |
|---------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Amphibians<br/>Anura</b>                 | Bufonidae           | <i>Incilius perplexus</i>               | Tepalcatepec Valley                   |
|                                             |                     | <i>Incilius pisinnus</i>                | Tepalcatepec Valley                   |
|                                             | Eleutherodactylidae | <i>Eleutherodactylus jaliscoensis</i>   | Sierra de Manantlán, Jalisco          |
|                                             |                     | <i>Eleutherodactylus nietoi</i>         | Sierra de Coalcomán, Michoacán        |
|                                             | Hylidae             | <i>Sarcohyla hapsa</i>                  | Nevado de Colima & Manantlán, Jalisco |
|                                             | Ranidae             | <i>Rana catasbeiana</i>                 | Possibly introduced in Colima         |
|                                             |                     | <i>Rana magnaocularis</i>               | Sierra de Quila, Jalisco              |
|                                             |                     | <i>Rana megapoda</i>                    | Central Jalisco                       |
|                                             | Rhinophrynidae      | <i>Rhinophrynus dorsalis</i>            | Coast of Michoacán                    |
| <b>Reptiles<br/>Squamata<br/>Lacertilia</b> | Iguanidae           | <i>Ctenosaura clarki</i>                | Tepalcatepec Valley                   |
|                                             |                     | <i>Sceloporus aeneus</i>                | Trans-Mexican Volcanic Belt           |
|                                             | Phrynosomatidae     | <i>Sceloporus dugesii</i>               | Nevado de Colima, Jalisco             |
|                                             |                     | <i>Sceloporus gadovi</i>                | Tepalcatepec Valley                   |
|                                             |                     | <i>Sceloporus heterolepis</i>           | Sierra de Tapalpa, Jalisco            |
|                                             |                     | <i>Sceloporus torquatus</i>             | Trans-Mexican Volcanic Belt           |
|                                             |                     | <i>Urosaurus gadovi</i>                 | Tepalcatepec Valley                   |
|                                             | Phyllodactylidae    | <i>Phyllodactylus duellmani</i>         | Tepalcatepec Valley                   |
|                                             |                     | <i>Phyllodactylus benedettii</i>        | Coast of Jalisco                      |
|                                             |                     | <i>Phyllodactylus paucituberculatus</i> | Tepalcatepec Valley                   |
|                                             |                     | <i>Phyllodactylus tuberculatus</i>      | Central Jalisco                       |
|                                             | Teiidae             | <i>Anolis dunni</i>                     | Tepalcatepec Valley                   |
|                                             |                     | <i>Aspidoscelis calidipes</i>           | Tepalcatepec Valley                   |
|                                             |                     | <i>Aspidoscelis costatus</i>            | Central Jalisco                       |
|                                             |                     | <i>Aspidoscelis deppii</i>              | Coast of Michoacán                    |
| <b>Serpentes</b>                            | Colubridae          | <i>Adelophis copei</i>                  | Sierra de Tapalpa, Jalisco            |
|                                             |                     | <i>Conopsis lineatus</i>                | Nevado de Colima, Jalisco             |
|                                             |                     | <i>Conopsis nasus</i>                   | Sierra de Tapalpa, Jalisco            |
|                                             |                     | <i>Diadophis dugesii</i>                | Sierra de Tapalpa, Jalisco            |
|                                             |                     | <i>Lampropeltis ruthveni</i>            | Sierra de Tapalpa & Cacoma, Jalisco   |
|                                             |                     | <i>Leptodeira nigrofasciata</i>         | Coast of Michoacán                    |
|                                             |                     | <i>Pituophis lineaticollis</i>          | Sierra de Coalcomán, Michoacán        |
|                                             |                     | <i>Rhadinaea laureata</i>               | Sierra de Manantlán, Jalisco          |

|                       | Family         | Species                           | Distribution                   |
|-----------------------|----------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| <b>Serpentes</b>      | Colubridae     | <i>Rhadinaea taeniata</i>         | Sierra de Manantlán, Jalisco   |
|                       |                | <i>Salvadora bairdi</i>           | Central Jalisco                |
|                       |                | <i>Sonora mutabilis</i>           | Central Jalisco                |
|                       |                | <i>Stenorrhina freminvillei</i>   | Coast of Michoacán             |
|                       |                | <i>Tantilla casacadae</i>         | Sierra del Halo, Jalisco       |
|                       | Crotalidae     | <i>Crotalus culminatus</i>        | Coast of Michoacán             |
|                       |                | <i>Crotalus polystictus</i>       | Sierra de Tapalpa, Jalisco     |
|                       | Dipsadidae     | <i>Coniophanes fissidens</i>      | Coast of Michoacán             |
|                       |                | <i>Coniophanes melanocephalus</i> | Tepalcatepec Valley            |
|                       |                | <i>Coniophanes michoacanensis</i> | Coast of Michoacán             |
|                       |                | <i>Geophis dugesii</i>            | Central Jalisco                |
|                       |                | <i>Geophis incomptus</i>          | Sierra de Coalcomán, Michoacán |
|                       |                | <i>Geophis maculiferus</i>        | Trans-Mexican Volcanic Belt    |
|                       |                | <i>Geophis nigrocinctus</i>       | Sierra de Manantlán, Jalisco   |
|                       |                | <i>Geophis petersi</i>            | Trans-Mexican Volcanic Belt    |
|                       |                | <i>Hypsiglena affinis</i>         | Central Jalisco                |
|                       |                | <i>Rena bressoni</i>              | Tepalcatepec Valley            |
|                       | Natricidae     | <i>Thamnophis eques</i>           | Central Jalisco                |
|                       |                | <i>Thamnophis melanogaster</i>    | Central Jalisco                |
|                       |                | <i>Thamnophis pulchrilatus</i>    | Highlands of Central Jalisco   |
|                       |                | <i>Thamnophis scalaris</i>        | Highlands of Central Jalisco   |
| <b>Amphisbaenians</b> | Amphisbaenidae | <i>Bipes canaliculatus</i>        | Tepalcatepec Valley            |
| <b>Testudines</b>     | Emydidae       | <i>Terrapene nelsoni</i>          | Sierra de Quila, Jalisco       |
|                       |                | <i>Trachemys ornata</i>           | Coast of Jalisco & Guerrero    |

in double checking the correct identification of some species: Carlos Pavón-Vázquez, Jonathan A. Campbell, Eric N. Smith, & Luis Canseco-Márquez. Sandra Niño de Rivera and Hector Franz provided assistance in the field. We also thank two anonymous reviewers who helped improve this manuscript.

## CITED LITERATURE

- Ahumada-Carrillo, I.T., N. Rivera-Pérez, J. Reyes-Velasco, C. Grünwald & J.M. Jones. 2014. Notable records of amphibians and reptiles from Colima, Nayarit, Jalisco, and Zacatecas, México. *Herpetological Review* 45:287-291.
- Barley, A.J., A. Nieto-Montes de Oca, T.W. Reeder, N.L. Manríquez-Morán, J.C.A. Monroy, O. Hernández-Gallegos & R.C. Thomson. 2019. Complex patterns of hybridization and introgression across evolutionary timescales in Mexican whiptail lizards (*Aspidoscelis*). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 132:284-295.
- Bezy, R.L., P.C. Rosen, T.R. Van Devender & E.F. Enderson. 2017. Southern distributional limits of the Sonoran Desert herpetofauna along the mainland coast of northwestern Mexico. *Mesoamerican Herpetology* 4:137-167.

- Bogert, C. 1939. Notes on snakes of the genus *Salvadora* with a redescription of a neglected Mexican species. *Copeia* 1939:140-147.
- Brandon, R.A. 1992. *Ambystoma dumerilii*. Catalogue of American Amphibians and Reptiles 532:1-3.
- Bryson Jr, R.W.J., C.W. Linkem, M.E. Dorcas, A. Lathrop, J.M. Jones, J. Alvarado-Díaz, C.I. Grünwald & R.W. Murphy. 2014. Multilocus species delimitation in the *Crotalus triseriatus* species group (Serpentes: Viperidae: Crotalinae), with the description of two new species. *Zootaxa* 3826:475-496.
- Bryson Jr, R.W., C.W. Linkem, C.J. Pavón-Vázquez, A. Nieto-Montes de Oca, J. Klicka & J.E. McCormack. 2017. A phylogenomic perspective on the biogeography of skinks in the *Plestiodon brevirostris* group inferred from target enrichment of ultraconserved elements. *Journal of biogeography* 44:2033-2044.
- Campbell, J.A., E.D. Brodie Jr., I. Caviedes-Solis, A. Nieto-Montes De Oca, V.H. Luja & O. Flores-Villela. 2018. Systematics of the frogs allocated to *Sarcohyla bistincta* sensu lato (Cope, 1877), with description of a new species from Western Mexico. *Zootaxa* 4422: 366-384.
- Campbell, J.A. & W.W. Lamar. 2004. The venomous reptiles of the Western Hemisphere. Comstock Pub. Associates Ithaca, NY.
- Daza, J.M., E.N. Smith, V.P. Páez & C.L. Parkinson. 2009. Complex evolution in the Neotropics: the origin and diversification of the widespread genus *Leptodeira* (Serpentes: Colubridae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 53:653-667.
- Dixon, J.R. 1957 Geographic variation and distribution of the genus *Tomodactylus* in Mexico. PhD diss., Texas A&M University.
- Dixon, J.R. 1964. The systematics and distribution of lizards of the genus *Phyllodactylus* in North and Central America. *New Mexico State University Science Bulletin* 64:1-139.
- Dixon, J.R. 1968. Notes on the snake genus *Geophis*, from Nevado de Colima, Jalisco, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 13:452-454.
- Dixon, J.R. & R.G. Webb. 1966. A new *Syrrhophus* from Mexico (Amphibia: Leptodactylidae). *Los Angeles County Museum of Natural History* 102:1-5.
- Downs, F.L. 1967. Intrageneric relationships among colubrid snakes of the genus *Geophis* Wagler. *Miscellaneous Publications Museum of Zoology, University of Michigan* 131:1-193.
- Duellman, W.E. 1958. A preliminary analysis of the herpetofauna of Colima, Mexico. *Occasional Papers of the Museum of Zoology University Of Michigan* 589:1-22.
- Duellman, W.E. 1961. The amphibians and reptiles of Michoacán, México. University of Kansas Publications, Museum of Natural History 15:1-148.
- Duellman, W.E. & J. Wellman. 1960. A systematic study of the lizards of the *deppei* group (genus *Cnemidophorus*) in Mexico and Guatemala. *Miscellaneous Publications Museum of Zoology, University of Michigan* 111:1-81.
- Duellman, W.E. & R.G. Zweifel. 1962. A synopsis of the lizards of the *sexlineatus* group (genus *Cnemidophorus*). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 123:159-210.
- Dugès, A. 1870. Una nueva especie de ajolote de la Laguna de Pátzcuaro. *La Naturaleza* 1:241-244.
- Feria-Ortiz, M., N.L. Manríquez-Morán & A. Nieto-Montes de Oca. 2011. Species limits based on mtDNA and morphological data in the polytypic species *Plestiodon brevirostris* (Squamata: Scincidae). *Herpetological Monographs* 25:25-51.
- Flores-Villela, O., C.A. Ríos-Muñoz, G.E. Magaña-Cota & N.L. Quezadas-Tapia. 2016. Alfredo Dugès' type specimens of amphibians and reptiles revisited. *Zootaxa* 4092:33-54.
- Garcia, A. & M. Valtierra-Azotla. 1996. *Ficimia publia* (Blotched Hooknose Snake). *Herpetological Review* 27:88.
- GBIF. [www.gbif.org](http://www.gbif.org). Accessed April 20, 2020.
- Grünwald, C.I., J. Reyes-Velasco, H. Franz-Chávez, K. Morales-Flores, I. Ahumada-Carrillo, J.M. Jones & S. Boissinot. 2018. Six new species of *Eleutherodactylus* (Anura: Eleutherodactylidae: subgenus *Syrrhophus*) from Mexico, with a discussion of their systematic relationships and the validity of related species. *Mesoamerican Herpetology* 5:7-81.
- Heimes, P. 2016. *Herpetofauna Mexicana Vol. 1 - Snakes of Mexico*. Edition Chimaira: Frankfurt am Main, Germany.

- Hillis, D.M., D.R. Frost & J.S. Frost. 1983. Allocation and distribution of *Rana trilobata* Mocquard. Journal of Herpetology 17:73-75.
- Hillis, D.M., J.S. Frost & D.A. Wright DA. 1983. Phylogeny and biogeography of the *Rana pipiens* complex: a biochemical evaluation. Systematic Biology 32:132-143.
- Horowitz, S.B. 1955. An arrangement of the subspecies of the horned toad, *Phrynosoma orbiculare* (Iguanidae). The American Midland Naturalist 54:204-218.
- Köhler, G. 2000. Reptilien und Amphibien Mittelamerikas. Herpeton, Deutschland.
- Köhler, G., R.G.T. Pérez, C.B.P. Petersen & F.R.M. de la Cruz. 2014. A revision of the Mexican *Anolis* (Reptilia, Squamata, Dactyloidae) from the Pacific versant west of the Isthmus de Tehuantepec in the states of Oaxaca, Guerrero, and Puebla, with the description of six new species. Zootaxa 3862:1-210.
- Lavín, P.A., D. Lazcano & H. Gadsden. 2014. Anfíbios y reptiles exóticos y traslocados invasores. Pp.435-441 En R. Mendoza y P. Koleff (Eds.), Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Legler, J. & R.C. Vogt. 2013. The turtles of Mexico: land and freshwater forms. Univ of California Press.
- Lemos-Espinal, J.A., G.R. Smith, L.J. Pierce & C.W. Painter. 2020. The amphibians and reptiles of Colima, Mexico, with a summary of their conservation status. ZooKeys 927:99-125.
- Loeza-Corichi, A. 2004. Caracterización altitudinal de la herpetofauna de Cerro Grande, Reserva de la Biósfera de Manantlán, Jalisco-Colima, México., Universidad Nacional Autónoma de México.
- Lynch, J.F., D.B. Wake & S.Y. Yang. 1983. Genic and morphological differentiation in Mexican *Pseudoeurycea* (Caudata: Plethodontidae), with a description of a new species. Copeia 1983:884-894.
- Martínez-Ortega, R. 2005. Anfíbios y Reptiles del Estado de Colima. Unpublished Bachelors in Science, Universidad Nacional Autónoma de México.
- McCoy, C.J. 1968. A review of the genus *Laemantus* (Reptilia, Iguanidae). Copeia 1968:665-678.
- McCrane, J.R. 1976. *Crotalus polystictus*. Catalogue of American Amphibians and Reptiles 180:1-2.
- McCrane, J.R. & G. Köhler G. 2004. *Laemantus longipes*. Catalogue of American Amphibians and Reptiles 795:1-4.
- McDiarmid, R.W. 1977. *Tantilla yaquia* HM Smith. Catalogue of American Amphibians and Reptiles 198:1-2.
- Mendelson, III J.R., D.G. Mulcahy, T.S. Williams & J.W. Sites Jr. 2011. A phylogeny and evolutionary natural history of Mesoamerican toads (Anura: Bufonidae: *Incilius*) based on morphology, life history, and molecular data. Zootaxa 3138:1-34.
- Mendelson, J.R. & J.A. Campbell. 1994. Two new species of the *Hyla sumichrasti* group (Amphibia: Anura: Hylidae) from Mexico. Proceedings of the Biological Society of Washington 107:398-398.
- Montanucci, R.R. 1979. Notes on systematics of horned lizards allied to *Phrynosoma orbiculare* (Lacertilia: Iguanidae). Herpetologica 135:116-124.
- Muñoz-Nolasco, F.J., D. Cruz-Sáenz, O.J. Rodríguez-Ruvalcaba & I.E. Terrones-Ferreiro. 2015. Notes on the herpetofauna of western Mexico 12: Herpetofauna of a temperate forest in Mazamitla, southeastern Jalisco, Mexico. Bulletin of the Chicago Herpetological Society 50:45-50.
- O'Connell, K.A. & E.N. Smith. 2018. The effect of missing data on coalescent species delimitation and a taxonomic revision of whipsnakes (Colubridae: *Masticophis*). Molecular Phylogenetics and Evolution 127:356-366.
- Painter, C.W. 1976. A distributional study of the amphibians and reptiles in the state of Colima, Mexico. Unpublished Master of Science, Northeast Louisiana University.
- Pérez-Ramos, E. & L. Saldaña-de La Riva. 2008. Morphological revision of lizards of the *formosus* group, genus *Sceloporus* (Squamata: Sauria) of southern México, with description of a new species. Bulletin of the Maryland Herpetological Society 44:77-97.
- Platz, J.E. 1991. *Rana berlandieri* Baird, Rio Grande leopard frog. Catalogue of American Amphibians and Reptiles 508:1-4.
- Porter, K.R. 1964. Distribution and taxonomic status of seven species of Mexican *Bufo*. Herpetologica 19:229-247.

- Ramírez-Reyes, T. & O. Flores-Villela. 2018. Taxonomic changes and description of two new species for the *Phyllodactylus lanei* complex (Gekkota: Phyllodactylidae) in Mexico. *Zootaxa* 4407:151-190.
- Reyes-Velasco, J., R.H. Adams, S. Boissinot, C.L. Parkinson, J.A. Campbell, T.A. Castoe & E.N. Smith. 2020. Genome-wide SNPs clarify lineage diversity confused by coloration in coral snakes of the *Micrurus diastema* species complex (Serpentes: Elapidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 147:106770.
- Reyes-Velasco, J., I. Ahumada-Carrillo, T.R. Burkhardt & T.J. Devitt. 2015. Two new species of *Eleutherodactylus* (subgenus *Syrrhophus*) from western Mexico. *Zootaxa* 3914:301-317.
- Reyes-Velasco, J., C.I. Grünwald, J.M. Jones, M.S. Price & T.J. Fisher. 2012. New distributional records for the herpetofauna of Mexico. *Herpetological Review* 43:353-354.
- Reyes-Velasco, J., C.I. Grünwald, J.M. Jones & G.N. Weatherman. 2010. Rediscovery of the rare Autlán long-tailed rattlesnake, *Crotalus lannomi*. *Herpetological Review* 41:19.
- Reyes-Velasco, J., I. Hermosillo-López, C. Grünwald & O. Ávila-López. 2009. New state records for amphibians and reptiles from Colima, Mexico. *Herpetological Review* 40:117.
- Reyes-Velasco, J. & D.G. Mulcahy. 2010. Additional taxonomic remarks on the genus *Pseudoleptodeira* (Serpentes: Colubridae) and the phylogenetic placement of "*P. uribei*". *Herpetologica* 66:99-110.
- Reyes-Velasco, J. & R. Ramírez-Chaparro. 2019. Algunas sugerencias para el formato de listados herpetofaunísticos de México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 2:103-106.
- Rhodin, A.G., J.B. Iverson, R. Bour, U. Fritz, A. Georges, H. Shaffer & P. Van Dijk. 2017. Turtles of the World. Annotated checklist and atlas of taxonomy, synonymy, distribution, and conservation status (8th Ed.) Chelonian Research Monographs 7:1-292.
- Smith, H.M. 1936. The lizards of the *torquatus* group of the genus *Sceloporus* Wiegmann, 1828. *University of Kansas Scientific Bulletin* 27: 539-693.
- Smith, H.M. 1939. The Mexican and Central American lizards of the genus *Sceloporus*. *Field Museum of Natural History Chicago, Zoological Series* 26:1-397.
- Smith, H.M. & R.B. Smith. 1976a. Synopsis of the Herpetofauna of Mexico: Vol. III: Source Analysis and Index for Mexican Reptiles. John Johnson, Vermont.
- Smith, H.M. & R.B. Smith. 1976b. Synopsis of the herpetofauna of Mexico. Vol. IV. Source analysis and index for Mexican amphibians. John Johnson 194:1-118.
- Smith, H.M. & E.H. Taylor. 1950. An annotated checklist and key to the reptiles of Mexico exclusive of the snakes. *Bulletin of the United States National Museum* 199:1-253.
- Streicher, J.W. 2012. Evolutionary relationships in some northern groups of the direct-developing frog genus *Craugastor* (Anura: Craugastoridae). PhD Dissertation. The University of Texas at Arlington, U.S.A.
- Streicher, J.W., T.J. Devitt, C.S. Goldberg, J.H. Malone, H. Blackmon & M.K. Fujita MK. 2014. Diversification and asymmetrical gene flow across time and space: lineage sorting and hybridization in polytypic barking frogs. *Molecular Ecology* 23:3273-3291.
- Torres-Pérez-Coeto, J., J. Alvarado-Díaz, I. Suazo-Ortuño & L.D. Wilson. 2016. *Ficimia publia* (Squamata: Colubridae): Primer registro para la herpetofauna de Michoacán, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 32:123-125.
- Vertnet. [www.vetnet.org](http://www.vetnet.org). Accessed April 20, 2020.
- Webb, R.G. 1967. Variation and distribution of the iguanid lizard *Sceloporus bulleri*, and the description of a related new species. *Copeia* 1967:202-213.
- Webb, R.G., 1984. Herpetogeography in the Mazatlán-Durango region of the Sierra Madre Occidental, Mexico. Pp. 217-241 En Seigel, R.A., L.E. Hunt, J.L. Knight, L. Malaret & N.L. Zuschlog (Eds.), *Vertebrate Ecology and Systematics. A Tribute to Henry S. Fitch*. University of Kansas Museum of Natural History Special Publication 10.
- Webb, R.G. 2001. Frogs of the *Rana tarahumarae* group in western Mexico. Pp. 20-43. En Johnson, J.D., R.G. Webb & O. Flores-Villela, O.A. (Eds.), *Mesoamerican Herpetology: Systematics, Zoogeography, and Conservation*. University of Texas at El Paso, Centennial Museum Special Publication 1.



# ASSESSMENT OF POPULATION CHARACTERISTICS AND HABITAT USE OF *PODOCNEMIS VOGLI* (MÜLLER 1935) DURING A REPRODUCTIVE SEASON AT THE BOJONAWI PRIVATE NATURE RESERVE (VICHADA DEPARTMENT, COLOMBIA)

EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS POBLACIONES Y EL USO DE LOS HÁBITATS DE *PODOCNEMIS VOGLI* (MÜLLER 1935) DURANTE UNA TEMPORADA REPRODUCTIVA EN LA RESERVA NATURAL PRIVADA DE BOJONAWI (DEPARTAMENTO DE VICHADA, COLOMBIA)

ANA M. SEPÚLVEDA-SEGURO<sup>1</sup>, VIVIAN P. PÁEZ<sup>1\*</sup>, MARLEY T. GÓMEZ-RINCÓN<sup>1</sup>, MÓNICA A. MORALES-BETANCOURT<sup>2</sup> & CARLOS A. LASSO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Grupo Herpetológico de Antioquia, Instituto de Biología, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

<sup>2</sup>Programa Ciencias Básicas de la Biodiversidad, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia

\*Correspondence: [vivianpaez1@gmail.com](mailto:vivianpaez1@gmail.com)

**Resumen.**— Realizamos un breve estudio en la Reserva Natural Privada Bojonawi (Departamento de Vichada, Colombia) en tres tipos de macrohábitats acuáticos para caracterizar el uso del hábitat, la estructura poblacional y la fenología reproductiva de *Podocnemis vogli* durante una temporada reproductiva. También reevaluamos el grado de dimorfismo sexual en esta especie. Para maximizar las tasas de captura, utilizamos tres métodos: trampas tipo embudo, redes de trasmallo y captura manual. Solo las trampas tipo embudo pudieron usarse de manera estandarizada en los tres macrohábitats. Capturamos 149 individuos en todas las clases de edad / tamaño y obtuvimos 11 recapturas. Al estandarizar el esfuerzo de muestreo con las trampas tipo embudo en todos los macrohábitats, comparamos el uso del hábitat y la estructura de clase entre los hábitats durante esta temporada reproductiva. No hubo diferencias significativas entre los tres macrohábitats en términos de abundancia relativa o distribución de clases de tamaño, pero las proporciones sexuales entre hábitat fueron diferentes, con un exceso de machos en el río y hembras en la laguna. Al igual que con otros congéneres, *P. vogli* es una especie con dimorfismo sexual donde las hembras alcanzan tamaños más grandes. En este estudio documentamos que la longitud pre-cloacal de la cola y la longitud de la uña en el tercer dedo de la pata anterior son las características sexuales secundarias más útiles para sexar subadultos y adultos. Algunas hembras de más de 22 cm de longitud recta del caparazón tenían huevos calcificados en sus oviductos. Esta especie es abundante dentro de la reserva y parece ser generalista de hábitats, incluyendo el uso de grandes ríos. Se necesita un monitoreo más extenso e intensivo para documentar tasas específicas de supervivencia de las diferentes clases, detectabilidad y dinámica de la población.

**Palabras clave.**— Dimorfismo sexual, ecología de poblaciones, llanos colombianos, Podocnemididae.

**Abstract.**— We conducted a short study in the Bojonawi Private Nature Reserve (Vichada department, Colombia) in three types of aquatic macrohabitats to characterize habitat use, population structure and reproductive phenology of *Podocnemis vogli* during one reproductive season. We also reevaluated the degree of sexual dimorphism in this species. To maximize capture rates, we used three methods: funnel traps, trammel nets, and manual capture. Only the funnel traps could be used in a standardized manner in all three macrohabitats. We captured 149 individuals in all age/size classes and obtained 11 recaptures. Since we were able to standardize sampling effort with the funnel traps in all macrohabitats, we compared habitat use and class structure among habitats during this reproductive season. There were no significant differences among the three macrohabitats in terms of relative abundances or size

class distributions, but sex ratios differed, with an excess of males in the river and females in the lagoon. As with other congeners, *P. vogli* is a sexually dimorphic species where females attain larger sizes. In this study we documented that pre-cloacal tail length and nail length on the anterior third toe are the most useful secondary sexual characteristics for sexing subadult and adult individuals. Some females larger than 22 cm straight-line carapace length had calcified eggs in their oviducts. This species is abundant within the reserve and appears to be a habitat generalist, including the use of large rivers. More extensive and intensive monitoring is needed to document specific class survivorship rates, detectabilities and population dynamics.

**Keywords.**— Colombian llanos, Podocnemididae, population ecology, sexual dimorphism.

## INTRODUCTION

A basic knowledge of life history characteristics and population structure is essential for predicting how changes in population vital rates due to natural or human impacts might affect the population's distribution, patterns of habitat use, and permanence (Heppell, 1998; Böhm et al., 2016; Ripple et al., 2017). For example, in neotropical freshwater turtle species of the Family Podocnemididae, changes in vegetative structure (both floating and riparian), in the width and depth of water bodies, and in the permanence of nesting beaches may lead to changes in home range use and population dynamics (Bernhard & Vogt, 2012; De Souza et al., 2013; Miorando et al., 2013; Portelinha et al., 2014; Barahona & López, 2015; Páez et al., 2015; Eisemberg et al., 2016). In addition, in *Podocnemis* species, both sex ratios and proportions of individuals in the different age/size classes in different habitat types (rivers, channels, wetlands) are not static, because they are affected by seasonal hydrological cycles that differentially affect movement patterns by members of these different groups (Fachin-Terán et al., 2006; Naveda-Rodríguez et al., 2018; Ponce De Leão et al., 2019; Alzate-Estrada et al., 2020).

Not only does spatial and temporal variation in local habitat characteristics complicate the understanding of podocnemidid population structure, the results of studies also depend heavily on the location and duration of the study and on the methods employed (Bernhard & Vogt, 2012; Bernardes et al., 2014; Alzate-Estrada et al., 2020). For some podocnemidid species it has been shown that characteristics of different water bodies are associated with different probabilities of detecting individuals of different size classes. For example, for both *P. lewyana* and *P. erythrocephala*, shallower water bodies are associated with a greater proportion of small individuals being registered (Gallego-García & Castaño-Mora, 2008; Bernhard & Vogt, 2012; González-Zárate et al., 2014). However, the greater ease of detecting such individuals in these types of habitat does not mean they avoid deeper water bodies (Páez et al., 2015; Alzate-Estrada et al., 2020). Several other studies on other turtle species also have documented differences in detectabilities depending on sex

and/or size class (reviewed by Tesche & Hodges, 2015). Finally, the different capture methods used to study podocnemidids are known to have biases in terms of the sexes and size classes they sample (Bernhard & Vogt, 2012; De Souza et al., 2013; Bernardes et al., 2014; Portelinha et al., 2014). In the few long-term studies on these species, one of the patterns that emerges is that most of the population is comprised of juvenile individuals, small females, and males, but the scarcer larger females are difficult to recapture (Bernhard & Vogt, 2012; Bernardes et al., 2014; Portelinha et al., 2014; Alzate-Estrada et al., 2020).

In Colombia, research and conservation attention for podocnemidid turtles has focused primarily on the larger species that are more heavily harvested and imperiled, such as *Podocnemis expansa*, *Podocnemis lewyana*, and *Podocnemis unifilis* (Portocarrero-Aya, 2008; Escalona et al., 2012; Páez et al., 2012; Forero-Medina et al., 2016). Recently, studies also have been published on Colombian populations of *P. vogli* related to nest predation and captive rearing of hatchlings (López et al., 2019a), hemoparasites (González et al., 2019), taxonomy and systematics (López et al., 2019b), anatomy of the digestive and respiratory systems (Hernández-Henao et al., 2019), genetics (Silva-Galvis & Ortiz-Moreno, 2019), biometry, and comparative pholidosis (Antelo, 2019). However, in recent decades there have been no publications focused on habitat use or demographics of this turtle species in Colombia.

*Podocnemis vogli* is restricted to the Orinoco drainage of Venezuela and Colombia (Ramo, 1982; Rueda-Almonacid et al., 2007; Portocarrero-Aya, 2008), with its area of occupation in Colombia covering only 304 km<sup>2</sup> (Forero-Medina et al., 2014). According to Rueda-Almonacid et al. (2007) and Portocarrero-Aya (2008), the species is thought to not inhabit large rivers, instead occupying smaller, shallower bodies of water, “preferring” turbid waters with clay or mud bottoms and little aquatic vegetation. In the llanos of the Colombian Orinoco, the species was been described as principally using lentic habitats such as lagoons, backwaters, ponds, channels, and other wetland habitats (Morales-Betancourt et al., 2012a).

At the national level, *P. vogli* is classified in Colombia as Least Concern (LC) based upon its apparent abundance (Morales-Betancourt et al., 2015). However, it is possible that population sizes are declining in some places due to increased harvest that represent a replacement phenomenon, as hunters shift their attention away from more depleted podocnemidid species such as *P. expansa* and *P. unifilis* (Morales-Betancourt et al., 2012a; Martínez-Callejas et al., 2015).

The establishment of a demographic baseline on abundance, age/size structure, sex ratios, and habitat use for *P. vogli* populations that have not suffered substantial harvest or habitat degradation are vital as a reference to guide management efforts for more impacted populations (Rhodin et al., 2018). Given that the Bojonawi Private Nature Reserve (BPNR) is relatively well conserved and protected, our goals were to document these aspects of its *P. vogli* population during the reproductive season, which allowed us to evaluate as well the minimum size of sexual maturity in females and document which secondary sexual characteristics are most useful for sexing subadult and adult individuals. We expected to find differences in the proportions of size classes and genders of *P. vogli* among macrohabitats, given that during the reproductive season females of species in the Family Podocnemididae tend to disperse to areas appropriate for nesting. We also expected to find differences among capture methods, because every capture method suffers from some particular biases related to the size and/or sex of the animals that are captured.

## MATERIALS AND METHODS

### Study Site

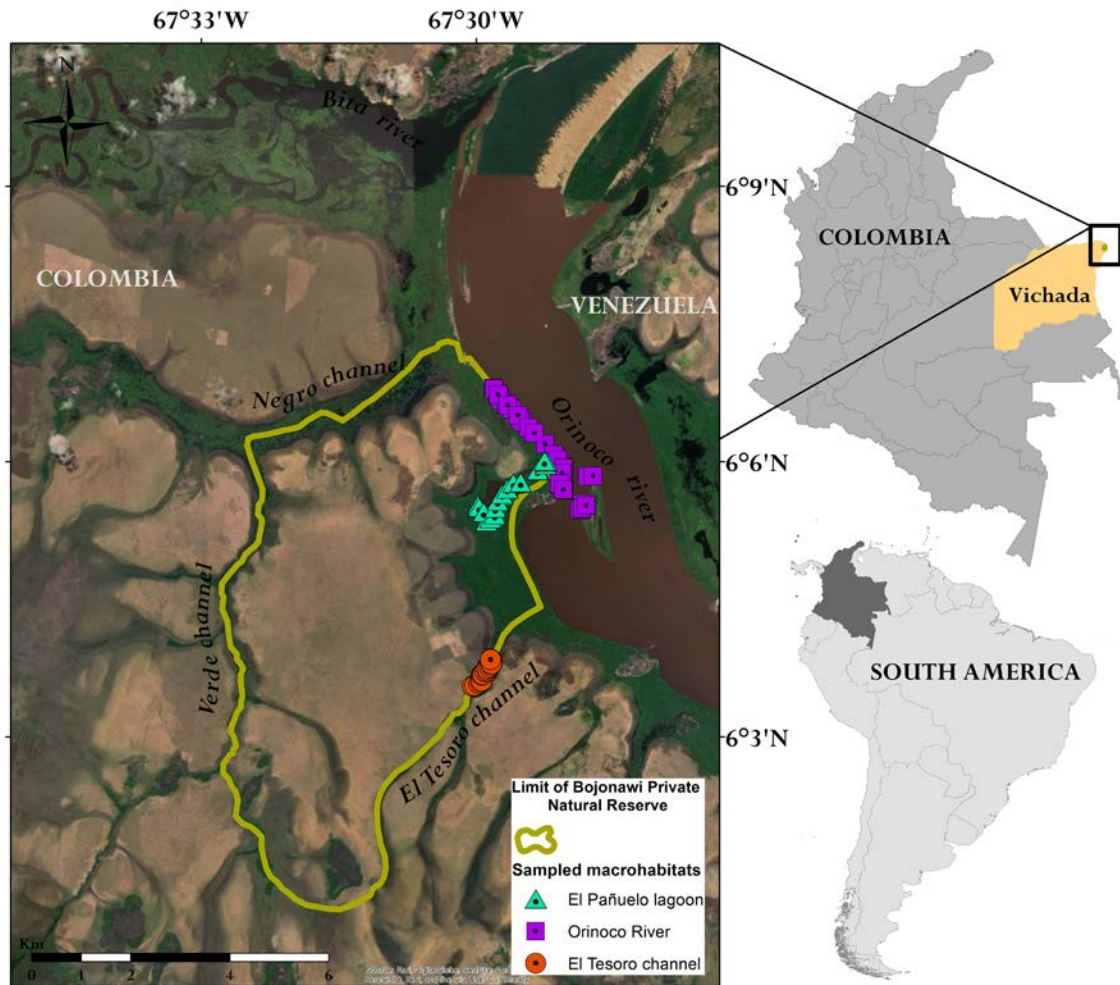
This study was conducted from 6 January to 6 April during the 2017 reproductive season in the floodplain of the Orinoco River in the BPNR within the buffer zone of the Tuparro National Park and UNESCO Biosphere Reserve (Fig. 1). The BPNR is located 15 km southwest of the city of Puerto Carreño (Vichada department, Colombia) at an elevation of 51 masl (6.09799°N, 67.48321°W). The region has a unimodal rainfall regimen, with a dry season extending from December to March. The mean annual temperature is 28 °C and the mean annual precipitation is 2200 mm (Fundación Omacha, 2020). The BPNR is located along the Orinoco River and is mainly composed of savannah grassland, rocky outcroppings of the Guiana Shield, “morichales” (riparian vegetation dominated by the Moriche palm, *Mauritia flexuosa*), and clear and white-water channels draining seasonally flooded forests. We chose to focus field work during the reproductive season to be able to detect the presence of oviductal eggs within the reproductive tracts of *P. vogli* females.

We selected three different aquatic macrohabitats for this study: the main channel of the Orinoco River, the El Pañuelo lagoon, and a small tributary channel to the Orinoco River, the El Tesoro channel; the mean linear distance between the sites was 1.55 km (SD = 1.31; Fig. 1). The river and lagoon habitats were wide (average of 1218 m and 157 m, respectively), with warm waters of low transparency. In contrast, the channel was narrow (with an average width of 5.6 m), with considerable vegetative cover and lower water temperatures (Gómez, 2018; Parra-Henao et al., 2019). All macrohabitats have been shown to differ in their physiochemical characteristics, sedimentation levels, nutrient contents, current flow, water transparency, and depth (Lasso et al., 2014).

### Capture methods

To maximize capture rates, we used three capture methods (funnel traps, trammel nets, and manual capture), following the recommendations for working with freshwater turtles of De la Ossa et al. (2012). Because of the specific conditions in each macrohabitat during the reproductive season, it was only possible to sample them in a standardized manner (using funnel traps); for this reason, all statistical comparisons of macrohabitats are based solely on these data. We made a total of three sampling periods in each of the three macrohabitats, with five days of capturing effort in each sampling period and a two-week time interval between the start of each period per macrohabitat. In each sampling period, we installed 15 funnel traps; nine were double funnel traps (five with 0.8 m diameter hoops and 1.5 m in length, four with 0.38 m diameter hoops and 1.6 m in length) and six were single funnel traps (with 0.8 m diameter hoops and 1.05 m in length). We set the traps in shallow locations with little current near basking sites. We checked the traps three times daily (09:00, 15:00, and 21:00 h). We used three different types of bait: 10 traps were baited with fish, usually guabina (*Hoplias malabaricus*) and corn (*Zea mays*), and five traps were baited with corn and banana (*Musa paradisiaca*). In addition, when possible, we placed in all traps a raceme of leaves of “chigo” (*Campsiandra comosa*). Total funnel trap sampling effort (16200 trap-h) was standardized equally among macrohabitats: 120 h (five days) \* 3 (sampling periods) \* 15 (traps) = 5400 trap-h/macrohabitat.

After setting or checking the traps, we focused on the other two capture methods. When turtles were visually detected (between 09:00 and 23:00 h), manual capture was attempted. In the El Pañuelo lagoon, manual capture was conducted in shallow water accessible from the shoreline or from a small boat. In the El Tesoro channel, we also manually captured individuals encountered while snorkeling. In the Orinoco River it was not possible to use this method due to the depth, current,



**Figura 1.** Ubicación de la Reserva Natural Privada Bojonawi, indicando los tres macrohábitats estudiados: Río Orinoco (púrpura), laguna El Pañuelo (azul) y canal El Tesoro (naranja). Los puntos indican la ubicación de las trampas tipo embudo durante los tres períodos de muestreo.

**Figure 1.** Location of the Bojonawi Private Nature Reserve, indicating the three macrohabitats studied: Río Orinoco (purple), the El Pañuelo lagoon (blue) and the El Tesoro channel (orange). The points indicate the locations of the funnel traps during the three sampling periods.

and turbidity of the water. The effort for this method was not standardized; of a total of 23 person-h of searching, only 4 h occurred in the El Pañuelo lagoon vs. 19 h in the Tesoro channel.

Capturing turtles with the trammel net was only possible in the lagoon macrohabitat, because in the other two macrohabitats the lead weights of the net could not settle on the bottom evenly, providing the turtles a means of escape. Prior to passing the trammel net (mesh size of 5 cm, net size of 80 m wide X 5 m high) the site to be netted was baited by submerging in the area a mix of dry dog food and ground corn. In total, we conducted 15 passes in appropriate areas (of moderate depth, with few submerged objects), for a total effort of 6 person-h.

### Measuring and marking individuals

All captured individuals were marked, weighed, measured, sexed, and photographed prior to their release at the capture location. Turtles were marked by cutting notches on marginal scutes using the modification of the Cagle (1939) system proposed by Rueda-Almonacid et al. (2007). Depending on the size of the individual, turtles were weighed using 1 or 20 kg dynamometer scales (Pesola,  $\pm 10$  or  $\pm 200$  g, respectively). The morphometric variables of straight-line carapace length (SCL), straight-line carapace width (SCW), maximum plastron length (MPL), and pre-cloacal tail length (PreCTL) were measured with digital 15 cm or 50 cm calipers (Mitutoyo and Haglof,  $\pm 0.01$  mm and  $\pm 5$  mm, respectively). We also measured the length of the

third nail (NL,  $\pm 0.01$  mm) on the front left extremity, given that this trait has been reported to be useful for sexing some turtle species (Rueda-Almonacid et al., 2007).

### Sexing and estimating size at sexual maturity

Individuals were sexed based on their body sizes, PreCTL, shape of the anal scale (with a “V” shape typical of females vs. a “U” shape typical of males, Morales-Betancourt et al., 2012b), and the presence of yellow spots on the head, especially in the snout area in males. Following the recommendations of Ramo (1982), males were considered sexually mature at body sizes of 13 cm SCL, and females at 20 cm SCL; these reproductive sizes were based upon an inspection of gross anatomy, including the size of follicles within the ovaries and the development of oviducts in females or the morphology of the testes and presence of sperm in the epididymis of males. In this study, we inspected the reproductive condition of captured females using a Bondway sonogram (BW560V) by examining the inguinal region in individuals large enough to accommodate the probe, attempting to detect the presence of developing eggs. To facilitate comparison with previous studies of this species (Alarcón-Pardo, 1969; Ramo, 1982), we used the following five size classes and categories for the population structure analyses: juveniles (SCL < 9 cm), subadult females (9 cm  $\leq$  SCL < 20 cm), subadult males (9 cm  $\leq$  SCL < 13 cm), adult females ( $\geq$  20 cm) and adult males ( $\geq$  13 cm).

### Statistical analyses

The overall relative abundances in the three macrohabitats were estimated as the number of captures per trap-h, using the standardized funnel trap data. We tested for differences in the number of individuals captured during each sampling period in each macrohabitat, using a heterogeneity  $X^2$  to see if the observed abundances differed from a random pattern. We also used a chi-squared goodness-of-fit test to inspect for equal sex ratios (1♀:1♂). Differences among body sizes between macrohabitats were inspected using an ANOVA on the SCL data. A multivariate MANOVA was used to examine which morphometric variables differed between sexes and a linear discriminant analysis was used to determine which variables were most useful for sexing subadult and adults.

We examined movements within the study site based on the data from the recaptured turtles using Advance ArcMap version 10.2.2.3552 of the ArcGis software (version 10.2.2). All analyses were conducted using RStudio (version 1.0.153, RStudio Inc., 2017) by the R Project software (version 3.4.0, R Development Core Team, 2017).

## RESULTS

With the three capture methods, we obtained a total of 149 *P. vogli* individuals, but only recaptured 11. Of these turtles, only three were juveniles, three were sub-adult males, 34 were subadult females, 67 were adult males and 42 were adult females. The number of individuals captured varied among methods and macrohabitats (Table 1). During the day, we frequently observed *P. vogli* individuals basking or floating on the surface in all three macrohabitats.

We captured 81 of the 149 individuals using the standardized funnel trap method, as well as obtained eight of the 11 recaptures in these traps. Relative abundances based upon these data was highest in the El Pañuelo lagoon (0.007 individuals/trap-h), and lower but comparable in the Orinoco River (0.005 individuals/trap-h) and El Tesoro channel (0.004 individuals/trap-h). Of the total captures obtained using funnel traps, 19.1 % were captured during the first sampling period, 38.2 % during the second period, and 42.7 % during the last sampling period. These differences did not differ significantly from a null hypothesis of equal captured proportions in each period ( $X^2 = 4.74$ ,  $P = 0.09$ ). We found no differences in the size distributions of individuals captured with the funnel traps in the three macrohabitats (ANOVA, SCL,  $F_{2,80} = 0.251$ ,  $P = 0.778$ ). Capture success with the funnel trap method was greatest between 09:00-21:00 h, representing 76.4 % of all captures vs. only 23.6 % in the 21:00-09:00 interval.

Using the hand-capture method, we captured 28 and recaptured two individuals in the two macrohabitats where this technique could be implemented (lagoon and channel), for a success rate of 1.3 individuals/h. We did not inspect statistically for differences with this method between those two macrohabitats due to very different sampling efforts among them (4 h vs 19 h). With the trammel net in the El Pañuelo lagoon we captured 40 turtles, plus one recaptured individual that had been initially trapped in a funnel trap, for a success rate of 6.83 individuals/h.

Sex ratios differed among macrohabitats (heterogeneity  $X^2 = 8.922$ ;  $P < 0.01$ ), being unbiased in the El Tesoro channel (1♀:1♂;  $X^2 = 0$ ;  $P = 1.0$ ), significantly male biased in the Orinoco River (1♀:2.6♂;  $X^2 = 4.84$ ;  $P < 0.01$ ), and significantly female biased in the El Pañuelo lagoon (1♀:0.5♂;  $X^2 = 4.33$ ;  $P < 0.01$ ), yielding an overall balanced sex ratio for the population over all three macrohabitats (1♀:1.07♂;  $X^2 = 0$ ;  $P = 1.0$ ). Taken as a whole, there was significant sexual dimorphism between the sexes (subadult and adult females vs. subadult and adult males; HOTELLING MANOVA test:  $F_{1,145} = 19.262$ ;  $P < 0.001$ ), with females being

**Tabla 1.** Eficiencia de captura para *P. vogli* por clase de tamaño y sexo usando cada metodología en cada uno de los tres macrohábitats. El esfuerzo de muestreo para cada método fue: red de pesca de trasmallo: 6 h-personas; captura manual: 23 h-personas; trampas tipo embudo: 5400 h-trampa. El porcentaje de captura es el número de individuos capturados con el método / el número total de individuos capturados \* 100.

**Table 1.** Capture efficiency for *P. vogli* by size class and sex using each method in each of the three macrohabitats. Sampling effort for each method was: trammel fishing net: 6 person-h; manual capture: 23 person-h; funnel traps: 5,400 trap-h. Catch percentage is the number of individuals captured with the method/the total number of individuals captured \* 100.

|                                      |                  | Funnel traps | Manual capture | Trammel nets |
|--------------------------------------|------------------|--------------|----------------|--------------|
| <b>El Pañuelo Lagoon</b>             | Adult males      | 10           | 1              | 22           |
|                                      | Adult females    | 14           | 0              | 9            |
|                                      | Subadult males   | 1            | 0              | 0            |
|                                      | Subadult females | 9            | 4              | 9            |
|                                      | Juveniles        | 0            | 2              | 0            |
|                                      | <b>Subtotal</b>  | 34           | 7              | 40           |
| <b>El Tesoro Channel</b>             | Adult males      | 11           | 6              | 0            |
|                                      | Adult females    | 7            | 7              | 0            |
|                                      | Subadult males   | 0            | 1              | 0            |
|                                      | Subadult females | 4            | 6              | 0            |
|                                      | Juveniles        | 0            | 1              | 0            |
|                                      | <b>Subtotal</b>  | 22           | 21             | 0            |
| <b>Orinoco River</b>                 | Adult males      | 17           | 0              | 0            |
|                                      | Adult females    | 5            | 0              | 0            |
|                                      | Subadult males   | 1            | 0              | 0            |
|                                      | Subadult females | 2            | 0              | 0            |
|                                      | Juveniles        | 0            | 0              | 0            |
|                                      | <b>Subtotal</b>  | 25           | 0              | 0            |
| <b>Total captures</b>                |                  | 81           | 28             | 40           |
| <b>% Total captures</b>              |                  | 55.6         | 18.7           | 25.7         |
| <b>Abundance/sampling effort (h)</b> |                  | 0.0055       | 1.30           | 6.83         |

heavier, larger and wider (SCL, MPL, SCW) than males, with a maximum SCL of 30 cm and body weight of 3 kg (Table 2, Fig. 2). The original variables that best distinguished the sexes for all sizes (except juveniles) were PreCTL, NL, MPL, and SCL (Linear discriminant analysis: LD1 = 95.5%; LD2 = 4.5%; Table 3).

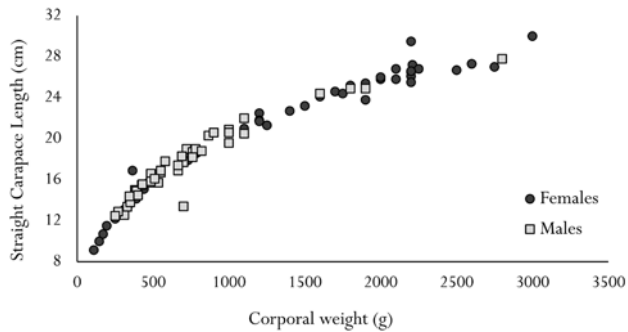
**Tabla 2.** Estadística descriptiva de las variables morfológicas cuantificadas para los individuos no juveniles de *P. vogli* capturados durante el estudio.

**Table 2.** Descriptive statistics for the morphometric variables quantified for the non-juveniles *P. vogli* individuals captured during the study.

| Variable                                  | Sub-adult and adult males |             | Sub-adult and adult females |             |
|-------------------------------------------|---------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|
|                                           | Mean $\pm$ SD             | Range       | Mean $\pm$ SD               | Range       |
| <b>Weight (g)</b>                         | 742.5 $\pm$ 490           | 250 – 2800  | 1438.6 $\pm$ 835            | 110 – 3000  |
| <b>Straight-line carapace length (cm)</b> | 17.6 $\pm$ 3.5            | 12.5 – 27.8 | 21.7 $\pm$ 5.7              | 9.15 – 30   |
| <b>Maximum plastron length (cm)</b>       | 15.7 $\pm$ 3.2            | 10.4 – 24.9 | 19.8 $\pm$ 5.2              | 8.36 – 26.7 |
| <b>Straight-line carapace width (cm)</b>  | 13.4 $\pm$ 2.5            | 9.13 – 20.5 | 16.1 $\pm$ 4                | 7.3 – 22.5  |
| <b>Pre-cloacal tail length (cm)</b>       | 3.2 $\pm$ 0.7             | 0.75 – 5.05 | 2.7 $\pm$ 1.1               | 0.58 – 4.5  |
| <b>Nail length (cm)</b>                   | 0.77 $\pm$ 0.3            | 0.59 – 1.29 | 0.96 $\pm$ 0.2              | 0.55 – 1.34 |

The minimum body size for females where it was possible to insert the sonogram probe into the inguinal region was 22 cm SCL. From a sample of 27 females with a CL larger than 22 cm SCL, nine were found to have oviductal eggs in differing stages of calcification, with the last such individual recorded near the end of February. The smallest female detected to carry oviductal eggs was 24.1 cm SCL.

The mean linear distance moved by the recaptured individuals was 380 m (range 34 – 1602 m). Males (n = 9) moved approximately twice as far as females (n = 6), with a male mean linear distance = 468 m (range: 34 – 1602) and a female mean linear distance of 226 m (range: 92 – 544). Given the limited sample sizes, we did not compare these data statistically.



**Figura 2.** Relación entre la longitud recta del caparazón y el peso corporal entre machos (cuadrados) y hembras (círculos). Las hembras adultas (SCL > 20 cm) alcanzan tamaños y pesos mayores que los machos adultos (SCL > 13 cm).

**Figure 2.** Relationship between Straight-line carapace length and Body weight for males (squares) and females (circles). Adult females (SCL > 20 cm) attain larger sizes and weights than adult males (SCL > 13 cm).

## DISCUSSION

During the 2017 reproductive season at the BPNR, *P. vogli* did not show a marked segregation in terms of macrohabitat use, with both sexes and most size classes occupying each macrohabitat type sampled, including the main channel of the Orinoco River. Other studies with this species have reported it to exhibit a preference for lentic habitats, such as lagoons and shallow channels (Alarcón-Pardo, 1969; Ramo, 1982). This discrepancy between previous characterizations and our results may be related to diverse causes, including the time of year when field work was conducted (De Souza et al., 2013; Eiseberg et al., 2016; Ponce De Leão et al., 2019; Alzate-Estrada et al., 2020), the capture methods employed (Bernhard & Vogt, 2012; Bernardes et al., 2014; Portelinha et al., 2014; Parra-Henao et al., 2019), and the effort invested in sampling different types of habitat with different methods (Bernhard, 2010; Páez et al., 2015). Due to our use of a standardized method (funnel traps) appropriate for all three of the macrohabitat types we sampled, and the comparable sampling effort in each, we were able to show that the relative abundance of *P. vogli* in the river was comparable to the relative abundance of individuals in the lentic channel macrohabitat. Studies that rely on other sampling methods were incapable of detecting *P. vogli* in lotic habitats, such as manual capture, could give an erroneous impression that the species avoids large rivers (Rueda-Almonacid et al., 2007; Morales-Betancourt et al., 2012a). The fact that previous studies have not reported use of river habitat by *P. vogli* also might be related to geographic variation in habitat preferences. We worked in the Orinoco River floodplain, while previous studies with this species were conducted in llanos

**Tabla 3.** Análisis discriminante lineal de las variables morfométricas para machos y hembras (subadultos y adultos) capturados en las trampas tipo embudo. LD1 explicó el 95.5% de la variación total y las variables que más se cargaron en este eje fueron: Longitud precloacal de la cola, Longitud de la uña y Longitud máxima del plastrón. La variable que más cambió de LD1 y LD2 fue la longitud del caparazón de línea recta.

**Table 3.** Linear discriminant analysis of the morphometric variables for males and females (subadults and adults) captured in the funnel traps. LD1 explained 95.5% of the total variation, with the variables loading most heavily on this axis being Pre-cloacal tail length, Nail length, and Maximum plastron length. The variable that changed the most from LD1 and LD2 was Straight-line carapace length.

| Discriminant axes                    | LD1        | LD2        |
|--------------------------------------|------------|------------|
| <b>Proportion of variance</b>        | 95.5%      | 4.5%       |
| <b>Weight</b>                        | -0.0011139 | -0.0034736 |
| <b>Straight-line carapace length</b> | 0.2229578  | 0.4691173  |
| <b>Maximum plastron length</b>       | -1.0470836 | 0.2972779  |
| <b>Straight-line carapace width</b>  | 0.6038456  | -0.1849690 |
| <b>Pre-cloacal tail length</b>       | 2.2070274  | 0.0796968  |
| <b>Nail length</b>                   | 1.3405209  | -0.1226703 |

piedmont or in seasonally flooded pluvial plains (Alarcón-Pardo, 1969; Ramo, 1982) where *P. vogli* individuals may indeed not enter larger water bodies. Regardless, our study is the first to show that in some locations *P. vogli* individuals may be present in substantial numbers in large riverine habitats. Unfortunately, the low number of recaptures in this study precluded the estimation of detectabilities for each sex and/or size class to rigorously estimate actual densities in each macrohabitat, instead of having to compare estimates of relative abundances.

Sex ratios in turtle populations may vary on a local scale due to differences in habitat preferences of males and females (Portelinha et al., 2014; Viloria & Forti, 2015) and differences in mortality rates of each sex in different habitat types (Fachín-Terán % Vogt, 2004; Folt et al., 2016). In our study, we documented sex ratio skews in favor of males in the river macrohabitat and females in the lagoon macrohabitat. One possible explanation for this is the proximity of suitable nesting habitat (savannah grassland, Barrio-Amorós & Narbaiza, 2008) along the margins of the lagoon where females were found in greater numbers, combined with a tendency in males to be more vagile in general, as has been shown in other podocnemid species (Fachín-Terán et al., 2006; Bernhard, 2010; Alzate-Estrada et al., 2020). Our

results illustrate how caution should be used in interpreting data on sex ratios that are collected in a few habitat types over short sampling periods; we have shown sex ratios in *P. vogli* to vary spatially over short distances and more long-term studies also might show that sex ratios in each macrohabitat may vary temporally.

Funnel traps successfully captured individuals of most size classes in all three macrohabitats, although juveniles were dramatically less commonly trapped than individuals larger than 9 cm. In contrast, the trammel net method was far more efficient in the macrohabitat (lagoon) where it was possible to use. In only six hours of sampling with this method, we captured roughly 50% of the total number of individuals sampled during 16,200 trap-h of effort with the funnel traps in all three macrohabitats. But the trammel net method had a significant bias, because no juveniles and fewer subadults than adults were obtained.

Manual capture of individuals that were detected visually also was a viable method in water bodies that were clear and with slow currents. While the results obtained with all methods indicate that *P. vogli* is primarily active during the day (71.9 % of captures), through use of the manual capture method we also documented for the first time that nocturnal foraging in *P. vogli* occurs.

It was possible to confidently distinguish between sex and sub-adult and adult individuals (SCL > 9 cm) based on secondary sexual characteristics, with PreCTL the most reliable morphometric variable (males have longer PreCTLs). This agrees with Alarcón-Pardo (1969) and Ramo (1982), where males were reported to have thicker and longer tails, up to double the length of females with comparable body sizes. This character also has been shown to be useful for sexing other podocnemidid species (Pritchard & Trebbau, 1984; Iverson, 1995; Bernhard, 2010). The second most useful morphometric character to distinguish sexes in this study was NL, but only for adult individuals. This trait also has been used to sex turtles belonging to genera in the Family Emydidae, where males have longer nails on their third digits as well (Rueda-Almonacid et al., 2007). The longer nails apparently function to help males grasp females during courtship and mating (Bernhard et al., 2012; Ceballos et al., 2012; Escalona et al., 2012).

Although we may not have been able to detect reproductively active females with SCL < 22 cm (due to the size limitations imposed by our sonogram probe), the smallest female we detected with oviductal eggs using the sonogram had a SCL = 24 cm, which agrees with reports from other areas in Colombia

and Venezuela (Alarcón-Pardo, 1969; Ramo, 1982; Pritchard & Trebbau, 1984). In terms of the phenology of the reproductive season, Alarcón-Pardo (1969) and Portocarrero-Aya (2008) reported that *P. vogli* in Colombia nest from November to January, while we documented oviductal females using the sonogram in February, which agrees with the dates for nesting reported by Ramo (1982) for Apuré, Venezuela.

The few recaptures during our relatively short study revealed only limited local movements of individuals, with no movements documented between macrohabitats. However, we did document one case of a long-distance movement involving a change in macrohabitat with our capture of the female marked during a previous study (in 2015 in the Bitá River, 6.15669°N, 67.50761°W; Morales-Betancourt & Lasso, *unpublished data*), having dispersed 9.3 km. Ramo (1982) also documented comparable movements by male *P. vogli* during the period of flooding in the rainy season in the Venezuelan llanos. Future more intensive mark-recapture efforts in our study site will probably reinforce and extend the results obtained during our three-month study indicating that *P. vogli* individuals are capable of moving substantial distances during their ontogeny, as has been shown in other podocnemidid species (Fachín-Terán et al., 2006; Bernhard, 2010; Alzate-Estrada et al., 2020).

**Acknowledgements.**— Permission for collecting turtles was granted by Resolución 0524 of 27 May 2014 by the National Authority for Environmental Licenses to the Universidad de Antioquia. We thank the Grupo Herpetológico de Antioquia, the Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, and the Fundación Omacha for their financial and logistic support of this study. We also thank the personnel of the Bojonawi Private Nature Reserve, and to Keisy Parra-Henao, Beyker Castañeda, Brayan Marín, Jacinto Terán, Alejandro Jaspe and Víctor Rico for their help and guidance during field work. We thank Brian Bock for suggestions on earlier versions of this manuscript and his help with the English version of the manuscript, and students and professors of the Universidad de Antioquia, especially Stiven Pérez Pulgarín, Viviana Cartagena-Otálvaro, Diego Alzate-Estrada and Faidith Bracho for their assistance in preparing for field work and help with the statistical analyses.

## CITED LITERATURE

Alzate-Estrada, D.A., V.P. Páez, V.M. Cartagena-Otálvaro & B.C. Bock. 2020. Linear home range and seasonal movements of *Podocnemis lewyana* in the Magdalena River, Colombia. *Copeia* 108(1):29-38.

- Antelo, R. 2019. Biometría y foliosis comparada en jóvenes de tres especies del género *Podocnemis* (*P. expansa*, *P. unifilis* y *P. vogli*) de los llanos Orientales de Colombia. Pp. 52-71. In O.A. Rodríguez-Fandiño, A.G. Cortés, J.A. Rodríguez-Pulido, W.J. Hernández, N.E. Matta Camacho, M.T. Nieto-Vera, M. Vargas-Ramírez, G.A. López, A.D. Jiménez & R. Antelo (Eds.). El Galápagó Sabanero: Estudios en Búsqueda de su Conservación. PAREX Resources and Dirección de Investigación Unitrópico, Yopal, Colombia.
- Alarcón-Pardo, H. 1969. Contribución al conocimiento de la morfología, ecología, comportamiento y distribución geográfica de *Podocnemis vogli*, Testudinata (Pelomedusidae). Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 13:303-329.
- Barahona, R. & J. López. 2015. Estructura poblacional de la tortuga blanca, *Dermatemys mawii* Gray (Testudines, Dermatemydidae), en la Laguna El Perú, Petén, Guatemala. Revista Científica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia 2:75-86.
- Barrio-Amorós, C. & I. Narbaiza. 2008. Turtles of the Venezuelan Estado Amazonas. Radiata 17:2-19.
- Bernardes, V.C.D., C.R. Ferrara, R.C. Vogt & L. Schneider. 2014. Abundance and population structure of *Podocnemis erythrocephala* (Testudines, Podocnemididae) in the Unini River. Amazonas. Chelonian Conservation and Biology 13:89-95.
- Bernhard, R. 2010. Dinâmica populacional de *Podocnemis erythrocephala*, no rio Ayuanã, Amazonas, Brasil. Ph.D. Dissertation, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Brasil.
- Bernhard, R. & R.C. Vogt. 2012. Population structure of the turtle *Podocnemis erythrocephala* in the Rio Negro Basin, Brazil. Herpetologica 68:491-504.
- Bernhard, R., J. De la Ossa, R.C. Vogt, M.A. Morales-Betancourt & C.A. Lasso. 2012. *Podocnemis erythrocephala*. Pp. 360-366. In V.P. Páez, M.A. Morales-Betancourt, C.A. Lasso, O.V. Castaño-Mora & B.C. Bock (Eds.). V. Biología y Conservación de las Tortugas Continentales de Colombia, Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- Böhm, M., R. Williams, H.R. Bramhall, K.M. McMillan, A.D. Davidson, A. García-Aguayo, L.M. Bland, J. Bielby & B. Collen. 2016. Correlates of extinction risk in squamate reptiles: the relative importance of biology, geography, threat and range sizes. Global Ecology and Biogeography 25:391-405.
- Cagle, F.R. 1939. A system of marking turtles for future identification. Copeia 1939:170-173.
- Ceballos, C., J. Iverson & R. Bernhard. 2012. *Podocnemis sextuberculata*. Pp. 382-386. In V.P. Páez, M.A. Morales-Betancourt, C.A. Lasso, O.V. Castaño-Mora & B.C. Bock (Eds.). V. Biología y Conservación de las Tortugas Continentales de Colombia, Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- De la Ossa, J., G. Cárdenas-Arévalo & V.P. Páez. 2012. Métodos de campo para estudios demográficos. Pp. 171-186. In V.P. Páez, M.A. Morales-Betancourt, C.A. Lasso, O.V. Castaño-Mora & B.C. Bock (Eds.). V. Biología y Conservación de las Tortugas Continentales de Colombia, Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- De Souza Alcântara, A., D.F. Da Silva & J.C.B. Pezzuti. 2013. Effects of the hydrological cycle and human settlements on the population status of *Podocnemis unifilis* (Testudines: Podocnemididae) in the Xingu River, Brazil. Chelonian Conservation and Biology 12:134-142.
- Eisemberg, C.C., S.J. Reynolds, K.A. Christian & R.C. Vogt. 2016. Diet of Amazon river turtles (Podocnemididae): a review of the effects of body size, phylogeny, season and habitat. Zoology 120:92-100.
- Escalona, T., K. Conway-Gómez, M.A. Morales-Betancourt, F. Arbeláez & R. Antelo. 2012. *Podocnemis unifilis*. Pp. 387-398. In V.P. Páez, M.A. Morales-Betancourt, C.A. Lasso, O.V. Castaño-Mora & B.C. Bock (Eds.). V. Biología y Conservación de las Tortugas Continentales de Colombia, Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- Fachín-Terán, A. & R.C. Vogt. 2004. Estrutura populacional, tamanho e razão sexual de *Podocnemis unifilis* (Testudines, Podocnemididae) no rio Guaporé (RO), norte do Brasil. Phyllomedusa 3:29-42.

- Fachin-Terán, A., R.C. Vogt & J.B. Thorbjarnarson. 2006. Seasonal movements of *Podocnemis sextuberculata* (Testudines: Podocnemididae) in the Mamirauá Sustainable Development Reserve, Amazonas, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 5:18-24.
- Folt, B., J.B. Jensen, A. Teare & D. Rostal. 2016. Establishing reference demography for conservation: A case study of *Macrochelys temminckii* in Spring Creek, Georgia. *Herpetological Monographs* 30:21-33.
- Forero-Medina, G., A.P. Yusti-Muñoz & O.V. Castaño-Mora. 2014. Distribución geográfica de las tortugas continentales de Colombia y su representación en áreas protegidas. *Acta Biológica Colombiana* 19:415-426.
- Forero-Medina, G., V.P. Páez, M.F. Garcés-Restrepo, J.L. Carr, A. Giraldo & M. Vargas-Ramírez. 2016. Research and conservation priorities for tortoises and freshwater turtles of Colombia. *Tropical Conservation Science* 9:1-14.
- Fundación Omacha. 2020. Reserva Natural Privada Bojonawi. <http://omacha.org/reserva-natural-bojonawi/>. Bogotá, Colombia. [Accessed in July 2020].
- Gallego-García, N. & O.V. Castaño-Mora. 2008. Ecology and status of the Magdalena River turtle, *Podocnemis lewyana*, a Colombian endemic. *Chelonian Conservation and Biology* 7:37-44.
- Gómez, M.T. 2018. Caracterización del uso del hábitat y actividad de tres especies de tortugas acuáticas (Podocnemididae) durante la estación seca en la Reserva Natural Privada Bojonawi (RNPB), Vichada, Colombia. Undergraduate thesis. Universidad de Antioquia, Colombia.
- González-Zárate, A., O. Montenegro, O.V. Castaño-Mora & M. Vargas-Ramírez. 2014. Abundancia, estructura poblacional y conservación de *Podocnemis lewyana* (Podocnemididae) en el río Prado, Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 19:351-361.
- González, L.P., N.E. Matta, A.D. Jiménez & O.A. Rodríguez. 2019. Los hemoparásitos del galápagu sabanero (*Podocnemis vogli*) (Testudines: Podocnemididae). Pp. 72-86. In O. A. Rodríguez-Fandiño, A.G. Cortés, J.A. Rodríguez-Pulido, W.J. Hernández, N.E. Matta Camacho, M.T. Nieto-Vera, M. Vargas-Ramírez, G.A. López, A.D. Jiménez & R. Antelo (Eds.). *El Galápagu Sabanero: Estudios en Búsqueda de su Conservación*. PAREX Resources and Dirección de Investigación Unitrópico, Yopal, Colombia.
- Hernández-Henao, W.J., J.A. Astwood-Romero, M.T. Nieto-Vera & J.A. Rodríguez-Pulido. 2019. Anatomía macroscópica y microscópica de los sistemas digestivo y respiratorio del galápagu sabanero *Podocnemis vogli* Müller, 1935 (Testudines: Podocnemididae). Pp. 112-135. In O. A. Rodríguez-Fandiño, A.G. Cortés, J.A. Rodríguez-Pulido, W.J. Hernández, N.E. Matta Camacho, M.T. Nieto-Vera, M. Vargas-Ramírez, G.A. López, A.D. Jiménez & R. Antelo. *El Galápagu Sabanero: Estudios en Búsqueda de su Conservación*. PAREX Resources and Dirección de Investigación Unitrópico, Yopal, Colombia.
- Heppell, S.S. 1998. Application of life-history theory and population model analysis to turtle conservation. *Copeia* 1998:367-375.
- Iverson, J.B. 1995. *Podocnemis lewyana*. Catalogue of American Amphibians and Reptiles 605:1-3.
- Lasso, C.A., A. Rial, G. Colonnello, A. Machado-Allison & F. Trujillo. 2014. XI. Humedales de la Orinoquía (Colombia-Venezuela). Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia (Colombia-Venezuela). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- López, G.A., J.I. Rondón, E. Martínez, H. Moya & O.A. Rodríguez. 2019a. Depredación de nidos y neonatos protegidos de *Podocnemis vogli* (sabanos inundables del Casanare). Pp. 42-51. In O. A. Rodríguez-Fandiño, A.G. Cortés, J.A. Rodríguez-Pulido, W.J. Hernández, N.E. Matta Camacho, M.T. Nieto-Vera, M. Vargas-Ramírez, G.A. López, A.D. Jiménez & R. Antelo (Eds.). *El Galápagu Sabanero: Estudios en Búsqueda de su Conservación*. PAREX Resources and Dirección de Investigación Unitrópico, Yopal, Colombia.
- López, G.A., J.I. Rondón, M. Vargas-Ramírez & O.A. Rodríguez. 2019b. Taxonomía y sistemática del galápagu sabanero. Pp. 87-95. In O. A. Rodríguez-Fandiño, A.G. Cortés, J.A. Rodríguez-Pulido, W.J. Hernández, N.E. Matta Camacho, M.T. Nieto-Vera, M. Vargas-Ramírez, G.A. López, A.D. Jiménez & R. Antelo (Eds.). *El Galápagu Sabanero: Estudios en Búsqueda de su Conservación*. PAREX Resources and Dirección de Investigación Unitrópico, Yopal, Colombia.
- Martínez-Callejas, S.J., C. Durán-Prieto, V.P. Páez, F. Trujillo & A. Trujillo-Pérez. 2015. *Podocnemis expansa* (Müller 1935). Pp. 132-136. In M.A. Morales-Betancourt, C.A. Lasso, V.P. Páez & B.C. Bock (Eds.). *Libro Rojo de Reptiles de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.

- Miorando, P.S., G.H. Rebêlo, M.T. Pignati & J.C.B. Pezzuti. 2013. Effects of community-based management on Amazon river turtles: a case study of *Podocnemis sextuberculata* in the lower Amazon floodplain, Pará, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 12:143-150.
- Morales-Betancourt, M.A., C.A. Lasso & F. Trujillo. 2012a. *Podocnemis vogli* (Müller 1935). Pp. 399-403. In V.P. Páez, M.A. Morales-Betancourt, C.A. Lasso, O.V. Castaño-Mora & B.C. Bock (Eds.). V. *Biología y Conservación de las Tortugas Continentales de Colombia*, Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- Morales-Betancourt, M.A., C.A. Lasso, F. Trujillo, J. De La Ossa, G. Forero-Medina & V.P. Páez. 2012b. Amenazas a las poblaciones de tortugas continentales de Colombia. Pp. 453-492. In V.P. Páez, M.A. Morales-Betancourt, C.A. Lasso, O.V. Castaño-Mora & B.C. Bock (Eds.). V. *Biología y Conservación de las Tortugas Continentales de Colombia*, Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- Morales-Betancourt M.A., C.A. Lasso, V.P. Páez & B.C. Bock (Eds.). 2015. Libro Rojo de Reptiles de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- Naveda-Rodríguez, A., R. Cueva & G. Zapata-Ríos. 2018. Space use of Yellow-Spotted River Turtles (*Podocnemis unifilis*) in Yasuni National Park, Ecuador. *Chelonian Conservation and Biology* 17:37-43.
- Páez, V.P., A. Restrepo, M. Vargas-Ramírez, B.C. Bock & N. Gallego-García. 2012. *Podocnemis lewyana*. Pp. 375-381. In V.P. Páez, M.A. Morales-Betancourt, C.A. Lasso, O.V. Castaño-Mora & B.C. Bock (Eds.). V. *Biología y Conservación de las Tortugas Continentales de Colombia*, Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- Páez, V.P., B.C. Bock, P.A. Espinal-García, B.H. Rendón-Valencia, D.A. Alzate-Estrada, V.M. Cartagena-Otálvaro & S.S. Heppell. 2015. Life history and demographic characteristics of the Magdalena River turtle (*Podocnemis lewyana*): implications for management. *Copeia* 103:1058-1074.
- Parra-Henao, K.D., V.P. Páez, M.A. Morales-Betancourt & C.A. Lasso. 2019. A pilot study of habitat use and population characteristics of the big-headed Amazon river turtle, *Peltecephalus dumerilianus* (Schweigger 1812), during the dry season in the Bojonawi Nature Reserve, Vichada, Colombia. *Herpetology Notes* 12:1113-1120.
- Ponce De Leão, S., S. Famelli & R.C. Vogt. 2019. Home range of Yellow-Spotted Amazon river turtles (*Podocnemis unifilis*) (Testudines: Podocnemididae) in the Trombetas River Biological Reserve, Pará, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 18:10-18.
- Portelinha, T.C., A. Malvasio, C.I. Piña & J. Bertoluci. 2014. Population structure of *Podocnemis expansa* (Testudines: Podocnemididae) in southern Brazilian Amazon. *Copeia* 2014:707-715.
- Portocarrero-Aya, M. 2008. Tortugas del género *Podocnemis*. Especies amenazadas en la Reserva de Biósfera El Tuparro. Pp. 77-89. In F. Trujillo, M. Portocarrero-Aya & C. Gómez (Eds.). Plan de Manejo y Conservación de Especies Amenazadas en la Reserva de Biósfera El Tuparro: Delfines de Río, Manatíes, Nutrias, Jaguares y Tortugas del Género *Podocnemis*. Proyecto Pijwi Orinoko (Fundación Omacha-Fundación Horizonte Verde), Bogotá, Colombia.
- Pritchard, P. & P. Trebbau, P. 1984. The Turtles of Venezuela. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Athens, Ohio.
- Ramo, C. 1982. Biología del galápago (*Podocnemis vogli* Müller, 1935) en el Hato "El Frio", llanos de Apure (Venezuela). Doñana. *Acta Vertebrata* 9:1-161.
- Ripple, W.J., C. Wolf, T.M. Newsome, M. Hoffman, A.J. Wirsing & D.J. McAuley. 2017. Extinction risk is most acute for the world's largest and smallest vertebrates. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114:10678-10683.
- Rhodin, A.G., C.B. Stanford, P.P. van Dijk, C. Eisemberg, L. Luiselli, R.A. Mittermeier, R. Hudson, B.D. Horne, E.V. Goode, G. Kuchling, A. Walde, E.H.W. Baard, K.H. Berry, A. Bertolero, T.E.G. Blanck, R. Bour, K.A. Buhlmann, L.J. Cayot, S. Collett, A. Currylow, I. Das, T. Diange, J.R. Ennen, G. Forrero-Medina, M.G. Frankel, U. Fritz, G. Garcia, J.W. Gibbons, P.M. Gibbons, G. Shiping, J. Guntero, M.D. Hofmeyr, J.B. Iverson, A.R. Kiester, M. Lau, D.P. Lawson, J.E. Lovich, E.O. Moll, V.P. Páez, R. Palomo-Ramos, K. Platt, S.G. Platt, P.C.H. Pritchard, H.R. Quinn, S.C. Rahman, T. Randrianjafizanaka, J. Schaffer, W. Selman, H.B. Shaffer, D.S.K. Sharma, H. Shi, S. Singh, R. Spencer, K. Stannard, S. Sutcliffe, S. Thomson & R.C. Vogt. 2018. Global conservation

- status of turtles and tortoises (Order Testudines). *Chelonian Conservation and Biology* 17:135-161.
- Rueda-Almonacid, J.V., J.L. Carr, R.A. Mittermeier, J.V. Rodríguez-Mahecha, R.B. Mast, R.C. Vogt, A.G.J. Rhodin, J. de la Ossa, J.N. Rueda & C.G. Mittermeier. 2007. Las Tortugas y los Cocodrilianos de los Países Andinos del Trópico., Panamericana, Formas e Impresos, S.A., Bogotá, Colombia
- Silva-Galvis, J.D. & M.L. Ortiz-Moreno. 2019. Genética de *Podocnemis vogli*: Estado actual del conocimiento y perspectivas. Pp. 96-111. In O. A. Rodríguez-Fandiño, A.G. Cortés, J.A. Rodríguez-Pulido, W.J. Hernández, N.E. Matta Camacho, M.T. Nieto-Vera, M. Vargas-Ramírez, G.A. López, A.D. Jiménez & R. Antelo. El Galápagu Sabanero: Estudios en Búsqueda de su Conservación. PAREX Resources and Dirección de Investigación Unitrópico, Yopal, Colombia.
- Tesche, M.R. & K.E. Hodges. 2015. Unreliable population inferences from common trapping practices for freshwater turtles. *Global Ecology and Conservation* 3:802-13.
- Viloria, N.A. & M. Forti. 2015. Abundancia, estructura de tallas y proporción de sexos de *Podocnemis vogli* (Müller, 1935) en el Hato Masaguaral, Estado Guárico, Venezuela. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales* 72:21-33.



# SKIN TEXTURE CHANGE IN *DIASPORUS HYLAEFORMIS* (ANURA: ELEUTHERODACTYLIDAE)

## CAMBIO DE LA TEXTURA DE LA PIEL EN *DIASPORUS HYLAEFORMIS* (ANURA: ELEUTHERODACTYLIDAE)

JUAN G. ABARCA-ALVARADO

Laboratorio de Recursos Naturales y Vida Silvestre, Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, 86-3000 Heredia, Costa Rica.

Correspondent: barcazajuan@gmail.com

**Resumen.**— La Rana Martillito de Altura, *Diasporus hylaeformis*, fue observada mostrando un cambio de textura de la piel durante una sesión fotográfica. Se ha sugerido que este comportamiento, reportado recientemente en anuros, puede servir como estrategia ante depredadores o factores de estrés. Esta es la primera vez que se reporta plasticidad en la textura de la piel de una rana del género *Diasporus*, y la tercera rana en general que se conoce con esta habilidad.

**Palabras clave.**— Rana martillito de altura, comportamiento de estrés, plasticidad fenotípica

**Abstract.**— The Montane Dink Frog, *Diasporus hylaeformis*, was observed showing a change in skin texture during a photo shoot. It has been suggested that this recently reported behavior in anurans may serve as an anti-predator defense or response to stress. This is the first time that this plasticity in skin texture is reported in a frog of the genus *Diasporus*, and the third frog in general that is known with this ability.

**Keywords.**— Mountain dink frog, stress behavior, phenotypic plasticity.

Phenotypic plasticity is the ability of an individual to change their physical characteristics under certain environmental factors (West-Eberhard, 2003). In anurans these changes can occur between growth stages, reproductive seasons, or due to sexual dimorphism (Wells, 2007). They usually occur over extended periods of a few months, however they can occur in short periods of time, mainly associated with changes in coloration (Bernard, 2004). However, there is little information on phenotypic plasticity occurring in small amounts of time. In fact, barely five years ago, the first report of phenotypic plasticity behavior in the skin texture of two anurans of the genus *Pristimantis* was described (Guayasamin et al., 2015). Although the function of this behavior is yet unknown, the authors suggest that this behavior could be highly distributed in the genus *Pristimantis*, or even in a greater number of anuran species. Here, I describe changes in skin texture in the Montane Dink Frog, *Diasporus hylaeformis*, in Costa Rica.

*Diasporus hylaeformis* lives in the highlands of Costa Rica and Panama, between 1500 and 2500 m.a.s.l. It is a small-sized tree frog species (22-27 mm) very common in open areas, pastures, and dense forests (Savage, 2002). Males call from the low vegetation, especially frequent on rainy nights. The color that individuals of *D. hylaeformis* present is variable: dark brown,

gray, reddish, bright orange, or yellowish, with or without scattered dorsal spots, and also there is a notable variation in coloration between day and night (Leenders, 2016). Although I had previously observed differences in the skin texture of *D. hylaeformis*, it was only until April 24, 2017 when I document an individual change from a tuberculated texture to a smooth skin in a few minutes. Observations were performed at around 20:00 h and 23:00 h using a digital camera (Canon Power Shot A1400) in a wooded area near the Poás Volcano National Park, Alajuela Province (10.16979° N, 84.20633° W; elevation 2220 m a.s.l.; WGS 84 datum). The individual had a very tuberculated skin in the form of spines on the head, back and extremities, of a darker color than that of the rest of the body (Fig. 1 A-C). After following and photographing the frog for 5-10 minutes approximately, it changed to a smooth skin and tubercles disappeared, until only darker spots were left in place (Fig. 1 D-F).

In the same location, several juveniles were present, and one exhibited remarkably rough and tuberculated spine like skin throughout the body (Fig. 2 A-C), but I couldn't keep watching to determine if its texture changes; conversely, other individuals showed evident smooth skin (Fig. 2 D-E). After taking the photographs no individuals were collected. Some animal behaviors go unnoticed for a long time until a researcher observes



**Figura 1.** Textura de la piel en un individuo de *Dipsosaurus hylaeformis*. A-C: piel con abundantes tubérculos puntiagudos en todo el cuerpo. D-F: piel lisa en el dorso y extremidades, solo pequeños tubérculos supraciliares.

**Figure 1.** Skin texture of one individual of *Dipsosaurus hylaeformis*. A-C: skin with abundant pointed tubercles throughout the body. D-F: smooth skin on the back and extremities, only small supraciliary tubercles.

it and makes the first report; then, it can become a recurring observation thanks to that first report which triggered the alerts of the researchers and made them more insightful. This is the case of the phenotypic plasticity in anuran skin. This plasticity in behavior has been reported in other groups of animals, of which the most notable is these present in some species of cephalopods, which use change of skin texture and coloration to mimic with the environment (How et al., 2017). Change in physical appearance occur in many species of amphibians that inflate their body for protection, to avoid being predated, and appear larger; this behavior is called “puffing up the body” and causes a skin tightening in amphibians (Toledo et al., 2011), and this mechanism could possibly lead to a change in the texture of

the skin. Texture changes in the skin may be related to stress, moisture or camouflage with the environment (Allen et al., 2014; Guayasamin et al., 2015). Changes in the environment or the presence of predators can generate stress levels that force the amphibian to change some behaviors (Bernard, 2004), include skin texture. *D. hylaeformis* has the ability to change its skin texture similarly to the reported by Guayasamin et al. (2015). This is the first report of skin texture change in the genus *Dipsosaurus*, possibly supporting the hypothesis of this behavior being convergent, and could be present in other lineages of frog species.



**Figura 2.** Textura de la piel en diferentes individuos de *Diasporus hylaeformis*. A-C: piel de un individuo juvenil mostrando una textura tuberculada en todo el cuerpo. D-E: adulto con la piel uniformemente lisa.

**Figure 2.** Skin texture in different individuals of *Diasporus hylaeformis*. A-C: skin of a juvenile individual showing a tuberculated texture throughout the body. D-E: adult with uniformly smooth skin.

## CITED LITERATURE

- Allen, J.J., G.R.R. Bell, A.M. Kuzirian, S.S. Velankar & R.T. Hanlon. 2013. *Journal of Morphology* 275:371-390.
- Bernard, M.F. 2004. Predator-induced phenotypic plasticity in organisms with complex life histories. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35: 651-673.
- 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.
- How, M.J., M.D. Norman, J. Finn, W.S. Chung & N.J. Marshall. 2017. Dynamic Skin Patterns in Cephalopods. *Frontiers in Physiology* 8:1-13.
- Leenders, T. 2016. *Amphibians of Costa Rica*. Cornell University Press.
- Savage, J.M. 2002. *The Amphibians and Reptiles of Costa Rica: A Herpetofauna between two Continents, between two Seas*. University of Chicago Press, Chicago.
- Toledo, L.F., I. Sazima & C.F.B. Haddad. 2011. Behavioural defences of anurans: an overview. *Ethology Ecology & Evolution* 23:1-25.
- Wells, K. D. 2007. *The ecology and behavior of amphibians*. Chicago: The University of Chicago Press.
- West-Eberhard, M. J. 2003. *Developmental plasticity and evolution*. Oxford, UK: Oxford University Press.



# NOTES OF DIET IN HIGHLAND SNAKES *RHADINAEA CALLIGASTER* AND *RHADINELLA GODMANI* (SQUAMATA:DIPSADIDAE) FROM COSTA RICA

## NOTAS SOBRE LA DIETA DE LAS SERPIENTES DE TIERRAS ALTAS *RHADINAEA CALLIGASTER* AND *RHADINELLA GODMANI* (SQUAMATA:DIPSADIDAE) DE COSTA RICA

JUAN G. ABARCA-ALVARADO

Laboratorio de Recursos Naturales y Vida Silvestre, Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, 86-3000 Heredia, Costa Rica.

Correspondent: barcazajuan@gmail.com

**Resumen.**— Se reportan observaciones de la dieta de dos especies de serpientes elegantes: *Rhadinaea calligaster* fue observada depredando una salamandra del género *Bolitoglossa*; también se reportan observaciones sobre el forrajeo y alimentación de *Rhadinella godmani*, la cual se observó alimentándose de ranas del género *Craugastor* e *Isthmohyla*. Estos ítems alimenticios pueden ser un recurso importante en la dieta de estas serpientes poco conocidas ante la disminución de anfibios en zonas altas de Costa Rica.

**Palabras clave.**— Serpientes elegantes, comportamiento, alimentación, depredación.

**Abstract.**— I report observations in the diet of two species of graceful snakes: *Rhadinaea calligaster* was observed preying on a salamander of the genus *Bolitoglossa*. I also report observations on foraging and feeding behavior of *Rhadinella godmani*, which was observed feeding on frogs of the genres *Craugastor* and *Isthmohyla*. Those food items may be an important resource in the diet of these little-known snakes due to the decrease in amphibian species in Costa Rican highlands.

**Keywords.**— Graceful snakes, behavior, feeding, predation.

Snakes of the genus *Rhadinaea* and *Rhadinella*, known as graceful snakes or leaf litter snakes are a small size species (40-60 cm) that usually have secret habits and inhabits leaf litter or underground (Myers, 1974); due to this behavior some species are infrequently observed and their natural history is scarce or unknown. In Costa Rica, 3 species of the genus *Rhadinaea* (*R. decorata*, *R. pulveriventris*, *R. calligaster*) and two species of the genus *Rhadinella* (*R. godmani* and *R. serperaster*) have been reported (Savage, 2002). Of these, only *R. decorata* is common to observe and is the only one that is distributed in lowland areas (below 1200 m), while the other four are less frequent and inhabit highland mountain forests from 1200 to 2650 m (Solórzano, 2004). Diet of several of these species is unknown, from the Costa Rican species diet reports have only been made for *R. decorata* and *R. serperaster*. A few or no items have been reported in the diet of *R. pulveriventris*, *R. calligaster* or *R. godmani* (Leenders, 2018). In this note I describe some observations of the diet of two species *R. calligaster* and *R. godmani* in the highlands of Costa Rica.

The Spot-lipped Litter snake, *Rhadinaea calligaster* (Fig. 1) is distributed from the Cordillera de Tilarán in Costa Rica to the extreme western Panama between 1200 and 2500 m (Savage,

2002; Kholer, 2008). This is a small green and black snake, relatively common and found under the logs and surface debris in pastures and other disturbed areas or in primary forest of humid forests or crossing roads in forested areas (Savage, 2002; Solórzano, 2004). On 8 August 2015, at 1145 h, Felipe Sapriisa Vargas (FSV) encountered an adult *R. calligaster* (aprox. 50



**Figura 1.** *Rhadinaea calligaster* del Parque Nacional Braulio Carrillo, Heredia, Costa Rica.

**Figure 1.** *Rhadinaea calligaster* from Braulio Carrillo National Park, Heredia, Costa Rica.

cm total size) coiling around and biting a purple salamander (ca 10 cm total size) along a forested trail at km 9 (Barbas de Viejo) on the Cerro Chirripó way at Chirripó National Park, Limón Province, Costa Rica (elev. 2900 m). The salamander belongs to the genus *Bolitoglossa*, and was probably *B. pesrubra* according to its distribution and purple coloration (Eduardo Boza, com.pers.). The observation was videorecorded and can be watched at (<https://www.youtube.com/watch?v=-MQeRqLaiNM&feature=youtu.be>). The snake was stretched and held the salamander at the back of the head. The salamander tried to move at the beginning of the observation, but after a couple of minutes stopped moving (Fig. 2). After 10 minutes, the snake began to eat it through the top of the head, but FSV did not witness the complete swallowing process, but based on the immobility of the salamander we assume the snake completed the task.



**Figura 2.** *Rhadinaea calligaster* depredando una salamandra púrpura, posiblemente *Bolitoglossa pesrubra*. Imágen tomada de video.

**Figure 2.** *Rhadinaea calligaster* preying on purple salamander, possible *Bolitoglossa pesrubra*. Image taking from video.

The Yellow-bellied Litter snake, *Rhadinella godmani* (Fig. 3) is distributed from Oaxaca and Chiapas in Mexico to the western of Panama from 1200 to 2650 m (Kholer, 2008). This is an uncommon small brown to salmon striped snake with yellow venter that has been observed active during the day under logs and surface debris in forests or pastures (Savage, 2002; Loza et al., 2017). On 23 February 2020, at 19:00 h I observed an adult of *R. godmani* moving among the leaf litter accumulated on the edges of a small stream tributary of the Tambor river in a forest



**Figura 3.** *Rhadinella godmani* de Fraijanes, Alajuela, Costa Rica.

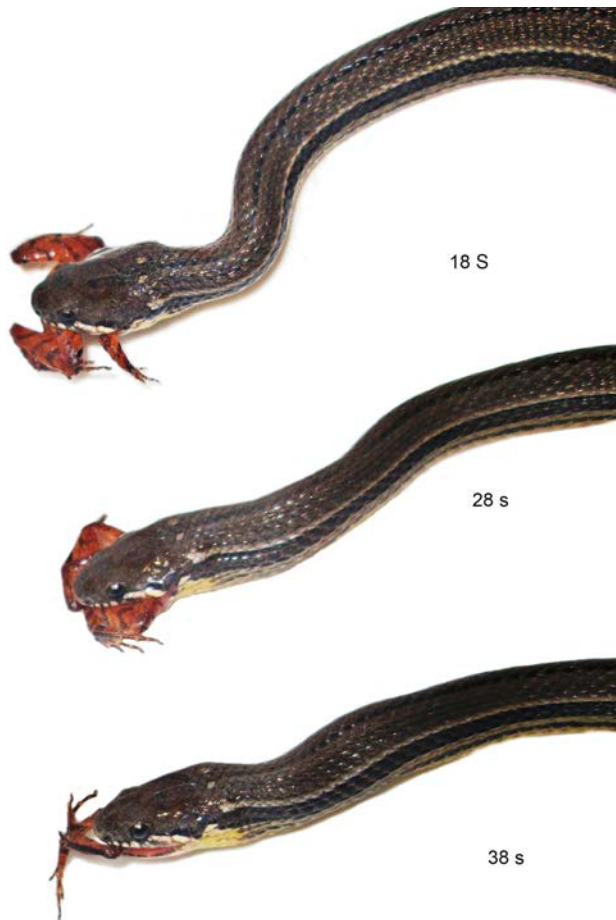
**Figure 3.** *Rhadinella godmani* from Fraijanes, Alajuela, Costa Rica.

patch of Fraijanes, Alajuela Province, Costa Rica (10.127151° N, 84.184322° W, elev. 1670 m). The snake had a bulge in its belly, probably because it had recently fed (Fig. 4). A large abundance of frogs of the species *Craugastor cf. podiciferus* was observed in the stream, in addition to the presence of juveniles of *Isthmohyla pseudopuma*. The snake was captured and placed in a terrarium to observe its feeding habits and some possible prey present in the place were captured and placed together with the snake to observe food preference for one week. The snake eagerly fed on a total of 4 individuals of *C. podiciferus* and 3 juveniles of *I. pseudopuma*, frogs were quickly caught and swallowed in less than two minutes (Fig. 5). The snake was released in the same place where it was found.



**Figura 4.** *Rhadinella godmani* mostrando un abultamiento en el vientre que indica que la serpiente se alimentó recientemente.

**Figure 4.** *Rhadinella godmani* showing a bulge in the belly indicating that the snake recently fed.



**Figura 5.** Comportamiento alimenticio de *Rhadinella godmani*, mostrando los segundos después de la captura de la presa (*Craugastor cf. podiciferus*).

**Figure 5.** Feeding behavior of *Rhadinella godmani*, showing seconds after prey capture (*Craugastor cf. podiciferus*).

Graceful snakes are principally predators of small frogs, salamanders, amphibian eggs, lizards, reptile eggs and there are a few reports of invertebrates in their diet (Myers, 1974). *R. decorata* can feed on frogs, salamanders, lizards and amphibian eggs (Myers, 1974) also on poison dart frogs (*Oophaga*) while *R. serperaster* can feed on eggs of other snakes, using the posterior teeth (McConnelly, 2016; Leenders, 2018; Kholer, 2003). No item has been reported in the diet of *R. calligaster*, but we consider that *R. calligaster* is capable of feeding on salamanders and tolerating certain levels of toxicity because salamanders and toxic frogs was reported in the diet of other species in this group also in the closely related *R. decorata* (Myers, 1974; Savage, 2002; Leenders, 2018). From the diet of *R. godmani*,

only stomach contents of two Honduran specimens are known, which contained a single insect pupa and snake or lizard egg, and another other Honduran specimen fed on *Eleutherodactylus planirostris* in captivity (McCranie & Wilson, 1992). We were able to confirm that this species can easily feed on frogs; it is possible that the snake was foraging in the river taking advantage of the abundance of frogs that occurs during the dry season when leaf litter amphibians move to rivers banks (Toft, 1980). In general, these leaf litter snakes have been reported mainly as diurnal, but other have also been observed prowling at night (Myers, 1974), the observed nocturnal activity of *R. godmani* may be due both of the frog species from which the snake feeds have a higher activity during the night hours.

Much of the natural history of these species is scarce and knowing aspects of their diet can facilitate the interpretation of current ecological dynamics in our ecosystems. It has been suggested that declining amphibian populations may negatively affect the survival of some snake species (Zipkin et al., 2020). Both *R. calligaster* and *R. godmani* are examples of snakes that can be directly affected by these declines since they are distributed in the highlands where amphibian declines have mainly occurred (Whitfield et al., 2016). *B. pesrubra*, *C. podiciferus* and *I. pseudopuma* are amphibian species that are still frequent in the high areas of the mountain ranges and therefore represent important food sources for these graceful snakes in Costa Rica.

**Acknowledgements.**— I thank Felipe Saprissa Vargas for provide me the information and video in the first observation, Eduardo Boza for help with the salamander identification and Heriberto Abarca for help in field.

## CITED LITERATURE

- Köhler, G. 2008. Reptiles of Central America. 2nd Edition. Herpeton, Germany.
- Leenders, T. 2019. Reptiles of Costa Rica. Cornell University Press.
- Loza, J.C., L. Gutiérrez, M. Salazar-Saavedra, J.G. Martínez-Fonseca, M. Fernández, & J. Sunyer. 2017. First record of *Rhadinella godmani* (Reptilia: Squamata: Dipsadidae) from Nicaragua. Mesoamerican Herpetology 4:476-478.
- McConnell, G. 2014. A Field Guide to the Snakes of Costa Rica. Chimaira Frankfurt am Main.
- McCranie, J.R. & L.D. Wilson. 1992. *Rhadinaea godmani* (Günther). Catalogue of American Amphibians and Reptiles 546:1-3.

- Myers, C.W. 1974. The systematics of *Rhadinaea* (Colubridae), a genus of New World snakes. Bulletin of the American Museum of Natural History 153:1-262.
- Savage, J.M. 2002. The Amphibians and Reptiles of Costa Rica: A Herpetofauna between two Continents, between two Seas. University of Chicago Press, Chicago.
- Solórzano, A. 2004. Serpientes de Costa Rica: Distribución, Taxonomía e Historia Natural / Snakes of Costa Rica: Distribution, Taxonomy, and Natural History. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), Santo Domingo de Heredia, Costa Rica.
- Toft, C.A. 1980. Season variation in populations of Panamanian litter frogs and their prey: a comparison of wetter and drier sites. Oecologia 47:34-38.
- Whitfield, S.M., K.R. Lips & M.A. Donnelly. 2016. Amphibian Decline and Conservation in Central America. Copeia 104:351-379.
- Zipkin, E.F., G.V. DiRenzo, J.M. Ray, S. Rossman & K.R. Lips. 2020. Tropical snake diversity collapses after widespread amphibian loss Science 367:814-816.



# NOTAS DE COMPORTAMIENTO DEFENSIVO DE DOS SALAMANDRAS DE LA REGIÓN DE TALAMANCA, COSTA RICA

## NOTES ON DEFENSIVE BEHAVIOR OF TWO SALAMANDERS OF TALAMANCA REGION, COSTA RICA

MARIA JOSÉ CAMACHO-DURÁN<sup>1\*</sup> & DIEGO A. GÓMEZ-HOYOS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Semillero de Ecología y Conservación de Anfibios y Reptiles, Departamento de Ecología y Territorio, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

<sup>2</sup>ProCAT Colombia/Internacional & Sierra to Sea Institute Costa Rica, Las Alturas, Puntarenas, Costa Rica

\*Correspondencia: camacho\_m@javeriana.edu.co

**Abstract.**— Salamanders have a variety of defensive and antipredator behavioral strategies. In this report, we describe the defensive behavior of a *Bolitoglossa gomezi* and *Oedipina savagei* individual at Las Tablas Protected Zone, Costa Rica. The behavior of the *B. gomezi* consisted of flipping its body to the ground and remaining immobile; the *O. savagei* individual held its tail elevated at a 90° angle with its body. The strategy of *B. gomezi* has been related to predator difficulty in relocating the prey, and the strategy of *O. savagei* with attracting predators to the tail, the most dispensable part of its body. Defensive behavior in salamanders is frequent but reports of field observations are scarce in the literature. We encourage herpetologists to fill this knowledge gap.

**Keywords.**— Antipredator, *Bolitoglossa*, Caudata, natural history, *Oedipina*, thanatosis.

**Resumen.**— Las salamandras tienen una variedad de estrategias comportamentales de defensa o antidepredatorias. En este reporte describimos los comportamientos defensivos de un individuo de *Bolitoglossa gomezi* y *Oedipina savagei* en la Zona Protectora Las Tablas, Costa Rica. El comportamiento de *B. gomezi* consistió en lanzarse a la hojarasca y quedarse inmóvil; el individuo de *O. savagei* levantó su cola cerca de 90° con relación a su cuerpo. La estrategia de *B. gomezi* se ha relacionado con dificultad de los depredadores para relocalizar la presa, y la estrategia de *O. savagei* con atraer a los depredadores a la cola, una parte del cuerpo menos comprometida. Los comportamientos defensivos en las salamandras son frecuentes, pero los reportes de observaciones en campo son escasos en la literatura. Animamos a los herpetólogos a llenar estos vacíos de conocimiento.

**Palabras clave.**— Antidepredatorio, *Bolitoglossa*, Caudata, historia natural, *Oedipina*, tanatosis.

Costa Rica alberga 53 especies reconocidas de salamandras (Zumbado-Hulate et al., 2019) y su mayor diversidad se encuentra en la Cordillera de Talamanca, especialmente en la frontera con Panamá (Dodd & Bodrie, 1976; Wake et al., 2007; Bolaños & Wake, 2009). En esta región los estudios de este grupo de anfibios han estado dedicados principalmente a su sistemática y taxonomía (Boza-Oviedo et al., 2012; Wake et al., 2007; Kubicki & Arias, 2016). Estos esfuerzos han sido importantes, porque la delimitación de las especies ha permitido conocer la diversidad de salamandras en el área. Sin embargo, se deben realizar esfuerzos paralelos que busquen el estudio y reporte de información en ecología, biología e historia natural de las salamandras con el fin de llenar los vacíos de conocimiento que existen en este grupo.

Además de su diversidad taxonómica, las salamandras terrestres también exponen diversidad de comportamientos (Brodie, 1977). Por ejemplo, los mecanismos de defensa de

las salamandras han convergido en diversas estrategias antidepredatorias que pueden ser morfológicas (coloración aposemática, camuflaje y autotomía caudal), comportamentales (posiciones del cuerpo o partes del cuerpo, movimientos e inmovilidad), y fisiológicas (secreción de sustancias tóxicas y nocivas) (Brodie, 1977; Dodd & Bodrie, 1976).

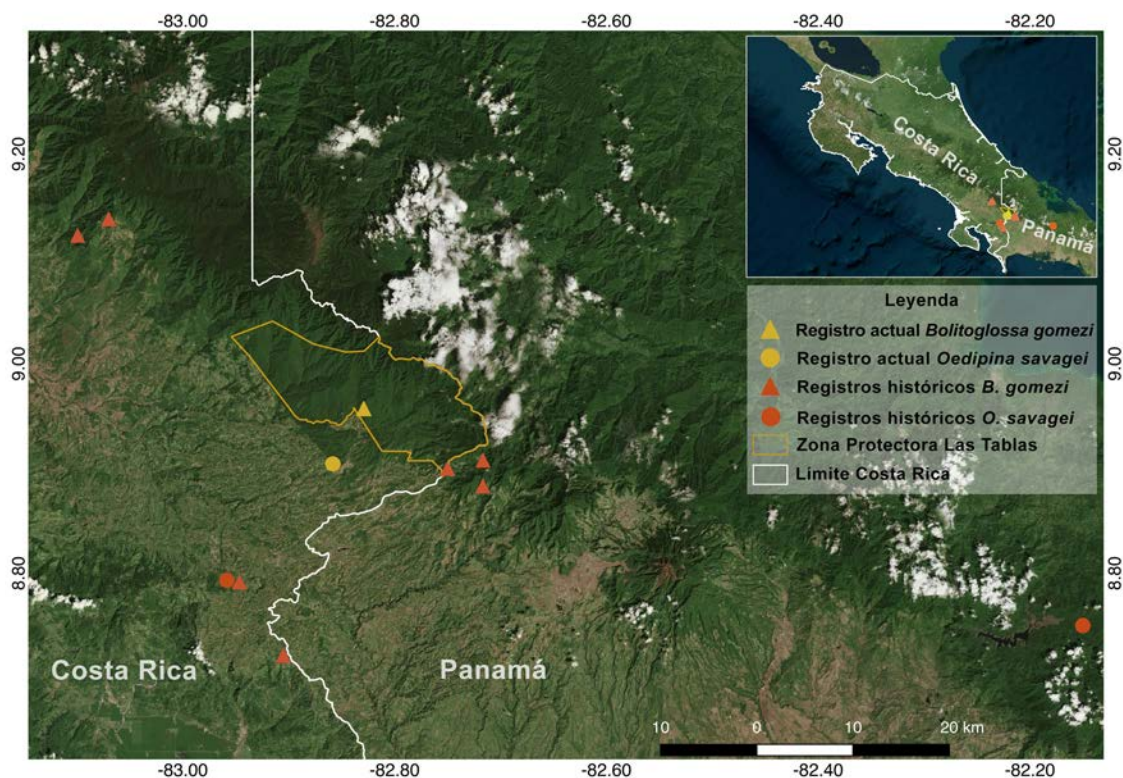
Algunos estudios en la región Neotropical han descrito los comportamientos antidepredatorios o de defensa de salamandras. Para algunas especies del género *Bolitoglossa* se han descrito estrategias comportamentales y fisiológicas ante la presencia o ataque de serpientes (Brodie et al., 1991; Ducey & Brodie, 1991; Ducey et al., 1993). También se ha reportado el efecto de condiciones específicas de temperatura en comportamientos de inmovilidad (Dodd & Brodie, 1976) y respuestas de autotomía caudal ante pérdida de agua (Vial, 1968). Estos comportamientos de defensa que exponen las salamandras son poco estudiados

o reportados en la actualidad en esta región. Por lo tanto, en esta contribución reportamos los comportamientos defensivos observados en *Bolitoglossa gomezi* y *Oedipina savagei* en la Zona Protectora Las Tablas y su zona de amortiguamiento en Costa Rica.

La Zona Protectora Las Tablas y su zona de amortiguamiento se encuentran en el cantón de Cotobrus, provincia de Puntarenas-Costa Rica (Fig. 1). Realizamos los registros los días 18 de mayo de 2019 durante encuentros casuales para *B. gomezi*, así como el 19 de junio de 2019 para *O. savagei* en un transecto lineal utilizado durante una evaluación del efecto de borde sobre la herpetofauna. Los reportes corresponden a las ubicaciones geográficas 8.95725° N y 82.82906° W ca. 1600 m. s. n. m. para *B. gomezi*, así como 8.90426° N y 82.85826° W 1200 m. s. n. m., para *O. savagei* (Fig. 1). El registro de *B. gomezi* corresponde a un individuo que encontramos sobre una planta a 50 cm del suelo (Fig. 2A) a las 22:33 horas, en un área de bosque maduro en el Cerro Chai. Por otra parte, realizamos el registro de *O. savagei*

en un ecotono de bosque-pastizal, sobre una planta a 20 cm del suelo (Fig. 3A) a las 23:04 horas.

Identificamos el individuo como *B. gomezi* con base en los caracteres que proponen Wake et al. (2007) en la descripción original de la especie, para distinguirla de otras especies de salamandras de la zona: cabeza levemente más ancha que el cuello y menos distintiva del tronco; la palmeadura de las patas, especialmente la extensión de la membrana entre los dedos I y II, la cual es menos extensa que en *B. bramei* (la especie más parecida); puntos y manchas blancas ventrales, especialmente grandes debajo de la cola (Fig. 2B). Por su parte, el individuo de *O. savagei* lo identificamos y diferenciamos de especies similares como *O. allenii* basados en los caracteres de su descripción original (García-París & Wake, 2000): raya clara dorsal (Fig. 3B), ausente en *O. allenii*; el dedo más largo del pie termina en punta, más redondeado en *O. allenii*. Además, *O. savagei* ocurre en mayores elevaciones respecto a *O. allenii* (García-París & Wake, 2000). Sin embargo, aclaramos que los individuos encontrados no fueron colectados, por lo que existe incertidumbre en su identificación.



**Figure 1.** Historic and current records of *Bolitoglossa gomezi* and *Oedipina savagei* at Las Tablas Protected Zone and its buffer zone, Costa Rica. Historic records were taken from: Boza-Oviedo et al., 2012; García-París y Wake, 2000; Wake et al., 2007.

**Figura 1.** Registros históricos y actuales de *Bolitoglossa gomezi* y *Oedipina savagei* en la Zona Protectora Las Tablas y su zona de amortiguamiento, Costa Rica. Registros históricos tomados de: Boza-Oviedo et al., 2012; García-París y Wake, 2000; Wake et al., 2007.



**Figure 2.** *Bolitoglossa gomezi* individual found at Cerro Chai, Las Tablas Protected Zone, Costa Rica (A). Characteristics used for identification: head slightly wider than neck, but less distinct from the trunk, digital webbing in toes I and II less extent than in *B. bramei*, light spots and blotches in venter, especially larger on the underside of the tail (B); behavior mechanism known as thanatosis (C).

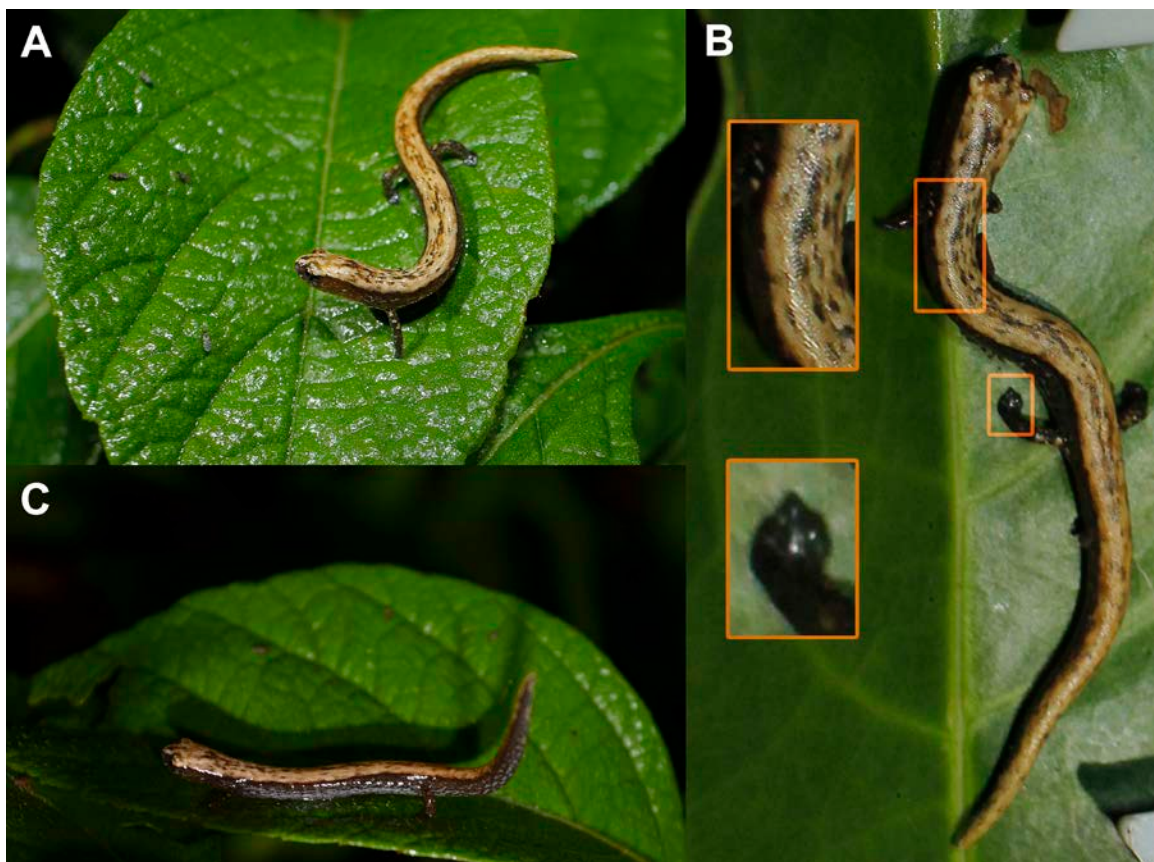
**Figura 2.** Individuo de *Bolitoglossa gomezi* encontrado en el Cerro Chai, Zona Protectora Las Tablas, Costa Rica (A). Características utilizadas para su identificación: cabeza levemente más ancha que el cuello, menos distintiva del tronco, membrana entre dedos I y II menos extensa que en *B. bramei*, puntos y manchas blancas ventrales especialmente grandes en la cola (B); comportamiento de defensa conocido como tanatosis (C).

Ambas salamandras encontradas mostraron comportamientos defensivos. El individuo de *B. gomezi* al ser manipulado se lanzó a la hojarasca, tomó una posición ventrolateral y se quedó inmóvil en un comportamiento conocido como tanatosis (Fig. 2C). Registramos este comportamiento en dos ocasiones durante la observación y posterior manipulación del individuo.

Esta estrategia de defensa ha sido reportada como una respuesta ante posibles depredadores y se ha observado en otras especies de *Bolitoglossa* (*B. flavimembris*, *B. franklini*, *B. morio*, *B. resplendens*, *B. rostrata*, *B. subpalmata*), así como *Nototriton picadoi*, *Oedipina poelzi* y *Oedipina uniformis* (Dodd & Brodie, 1976; Brodie, 1977). Las salamandras que se dejan caer y permanecen inmóviles

pueden evadir a los depredadores porque pueden confundirse con su medio y hacer difícil su relocalización, reduciendo así el riesgo y la intensidad de un ataque (Brodie, 1974; Dodd & Brodie, 1976).

Por su parte, el individuo de *O. savagei* al ser fotografiado con el flash activado tuvo movimientos de evasión y levantó su cola cerca de 90° con relación a su cuerpo (Fig. 3C). Este comportamiento ha sido reportado para *Triturus marmoratus* y *Rhyacotriton olympicus*, y especies de los géneros *Taricha*, *Ambystoma* y *Eurycea*, las cuales ante una amenaza pueden desplegar posiciones para confundir o atraer a los depredadores a partes del cuerpo menos comprometedoras (Brodie, 1977). Una de ellas consiste en levantar la cola para proteger los órganos



**Figure 3.** *Oedipina savagei* individual found in a forest-pasture ecotone at Las Tablas Protected Zone buffer area, Costa Rica (A). Characteristics used for identification: light dorsal stripe, longest toe is pointed (B), defense behavior holding tail elevated about 90° angle with the body (C).

**Figura 3.** Individuo de *Oedipina savagei* encontrado en un ecotono de bosque-pastizal en el área de amortiguamiento de la Zona Protectora Las Tablas, Costa Rica (A). Características utilizadas para su identificación: raya dorsal clara, dedo más largo del pie terminado en punta (B); comportamiento de defensa levantando la cola cerca de 90° con respecto a su cuerpo (C).

vitales, ya que estos anfibios realizan autotomía caudal y pueden poseer glándulas con toxinas nocivas en el dorso de la cola, como sucede en especies de los géneros *Dicamptodon*, *Rhyacotriton*, *Ambystoma*, *Hynobius*, *Eurycea*, *Plethodon* y *Ensatina* (Dodd & Brodie, 1976; Brodie, 1977; Brodie, 1983).

Aunque los comportamientos defensivos en anfibios en general y en las salamandras en particular son frecuentes, los reportes en la literatura son escasos. Una proporción importante de especies de salamandras neotropicales no tienen una descripción de sus comportamientos defensivos, posiblemente por vacíos de conocimiento en aspectos de su biología e historia natural como ocurre también en anuros (Sánchez-Paniagua & Abarca, 2016).

De hecho, estas observaciones fueron casuales y posiblemente sean una muestra restringida del repertorio comportamental aún desconocido de estas salamandras. Por lo tanto, animamos a los herpetólogos a reportar observaciones de comportamiento para empezar a llenar los vacíos de conocimiento de las salamandras, especialmente en áreas con alta diversidad taxonómica como es la región de Talamanca.

**Agradecimientos.**— Agradecemos a la finca Las Alturas del Bosque Verde y ProCAT Internacional, ya que las observaciones fueron realizadas durante proyectos dirigidos por estas. A Laia Gaitán por su apoyo en el trabajo de campo. A los revisores anónimos que nos ayudaron a mejorar notablemente el manuscrito. A Kristie Falconer por su revisión del resumen en inglés.

## LITERATURA CITADA

- Bolaños, F. & D.B. Wake. 2009. Two new species of montane web-footed salamanders (Plethodontidae: *Bolitoglossa*) from the Costa Rica-Panamá border region. *Zootaxa* 1981:57–68.
- Boza-Oviedo, E., S.M. Rovito, G. Chaves, A. García-Rodríguez, L.G. Artavia, F. Bolaños, & D.B. Wake. 2012. Salamanders from the eastern Cordillera de Talamanca, Costa Rica, with descriptions of five new species (Plethodontidae: *Bolitoglossa*, *Nototriton*, and *Oedipina*) and natural history notes from recent expeditions. *Zootaxa* 3309:36–61.
- Brodie, E.D., J.A. Johnson & C.K. Dodd. 1974. Immobility as a Defensive Behavior in Salamanders. *Herpetologica* 30:79–85.
- Brodie, E.D. 1977. Salamander Antipredator Postures. *Copeia* 1977:523–535.
- Brodie, E.D. 1983. Antipredator Adaptations of Salamanders: Evolution and Convergence Among Terrestrial Species. Pp. 109–133. En N.S. Margaris, M. Arianoutsou-Faraggitaki, R.J. Reiter (Eds.), *Adaptations to Terrestrial Environments*. Plenum Press, New York, USA.
- Brodie, E.D., P.K. Ducey & E.A. Baness. 1991. Antipredator skin secretions of some tropical salamanders (*Bolitoglossa*) are Toxic to Snake Predators. *Biotropica* 23:58–62.
- Dodd, C.K. & E.D. Brodie. 1976. Defensive mechanisms of neotropical salamanders with an experimental analysis of immobility and the effect of temperature on immobility. *Herpetologica* 32:269–290.
- Ducey P.K. & E.D. Brodie. 1991. Evolution of antipredator behavior: individual and populational variation in a neotropical salamander. *Herpetologica* 47:89–95.
- Ducey P.K. 1993. Salamander tail autotomy and snake predation: role of antipredator behavior and toxicity for three neotropical *Bolitoglossa* (Caudata: Plethodontidae). *Biotropica* 25:344–349.
- García-París, M. & D.B. Wake. 2000. Molecular phylogenetic analysis of relationships of the tropical salamander genera *Oedipina* and *Nototriton*, with descriptions of a new genus and three new species. *Copeia* 2000:42–70.
- Kubicki, B. & E. Arias. 2016. A beautiful new yellow salamander, genus *Bolitoglossa* (Caudata: Plethodontidae), from the northeastern slopes of the Cordillera de Talamanca, Costa Rica. *Zootaxa* 4184:329–346.
- Sánchez-Paniagua, K. & J.G. Abarca. 2016. Thanatosis in four poorly known toads of the genus *Incilius* (Amphibia: Anura) from the highlands of Costa Rica. *Mesoamerican Herpetology* 3:135–140.
- Vial, J.L. 1968. The ecology of the tropical salamander, *Bolitoglossa subpalmata*, in Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 15:113–115.
- Wake, D.B., J.M. Savage & J. Hanken. 2007. Montane salamanders from the Costa Rica–Panamá border region, with descriptions of two new species of *Bolitoglossa*. *Copeia* 2007:556–565.
- Zumbado-Ulate, H., K.N. Nelson, A. García-Rodríguez, G. Chaves, E. Arias, F. Bolaños, S.M. Whitfield & C.L. Searle. 2019. Endemic infection of *Batrachochytrium dendrobatidis* in Costa Rica: Implications for amphibian conservation at regional and species level. *Diversity* 11:129.



# REGISTRO DE ECTRODACTILIA Y BRAQUIDACTILIA EN *RHEOHYLA MIOTYMPANUM* (ANURA: HYLIDAE) EN UN CAFETAL BAJO SOMBRA DEL CENTRO DE VERACRUZ, MÉXICO

RECORD OF ECTRODACTYLY AND BRACHYDACTYLY IN *RHEOHYLA MIOTYMPANUM* (ANURA: HYLIDAE) IN A SHADE-COFFEE PLANTATION AT THE CENTER OF VERACRUZ, MEXICO

TONANTZIN CARMONA-ZAMORA<sup>1</sup>, ADRIANA SANDOVAL-COMTE<sup>2</sup> & JUAN MANUEL DÍAZ-GARCÍA<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, Xalapa-Enríquez, Veracruz, México. C.P. 91090

<sup>2</sup>Red 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

<sup>3</sup>Red de Ecología Funcional, Instituto de Ecología A.C. Carretera Antigua a Coatepec No. 351, Colonia El Haya, Xalapa, Veracruz, México. C.P. 91073

\*Correspondencia: juanm.diazgarcia@gmail.com

**Abstract.**— In this note we present the first record of morphological abnormalities type ectrodactyly and brachydactyly in one individual of *Rheohyla miotympanum* found in a shade coffee plantation in central Veracruz, Mexico.

**Keywords.**— Amphibians, morphological abnormalities, cloud forest, modified habitats.

**Resumen.**— En esta nota presentamos el primer registro de anomalías morfológicas tipo ectrodactilia y braquidactilia en un individuo de *Rheohyla miotympanum* encontrado en un cafetal bajo sombra del centro de Veracruz, México.

**Palabras clave.**— Anfibios, anomalías morfológicas, bosque de niebla, hábitats modificados.

Las anomalías morfológicas son alteraciones en la anatomía de los individuos (Hennekam et al., 2013). En anfibios, estas anomalías se pueden expresar como respuesta a diferentes factores, tales como los agroquímicos, los insectos endoparásitos, la depredación selectiva, la exposición a rayos ultravioleta o la transformación de su hábitat (Gardiner & Hoppe, 1999; Laurence, 2010; Henle et al., 2017). Se han reportado diferentes tipos de anomalías en anuros, siendo las más frecuentes la falta y la reducción de las extremidades (Gardiner & Hoppe, 1999; Johnson et al., 2003; Ramírez-Jaramillo, 2019). Por lo general, los casos reportados de anomalías en ranas y sapos han ocurrido en ambientes antropizados, como las zonas agropecuarias y urbanas (Oullet et al., 1997; Peltzer et al., 2011; Aguillón-Gutiérrez & Ramírez-Bautista, 2015).

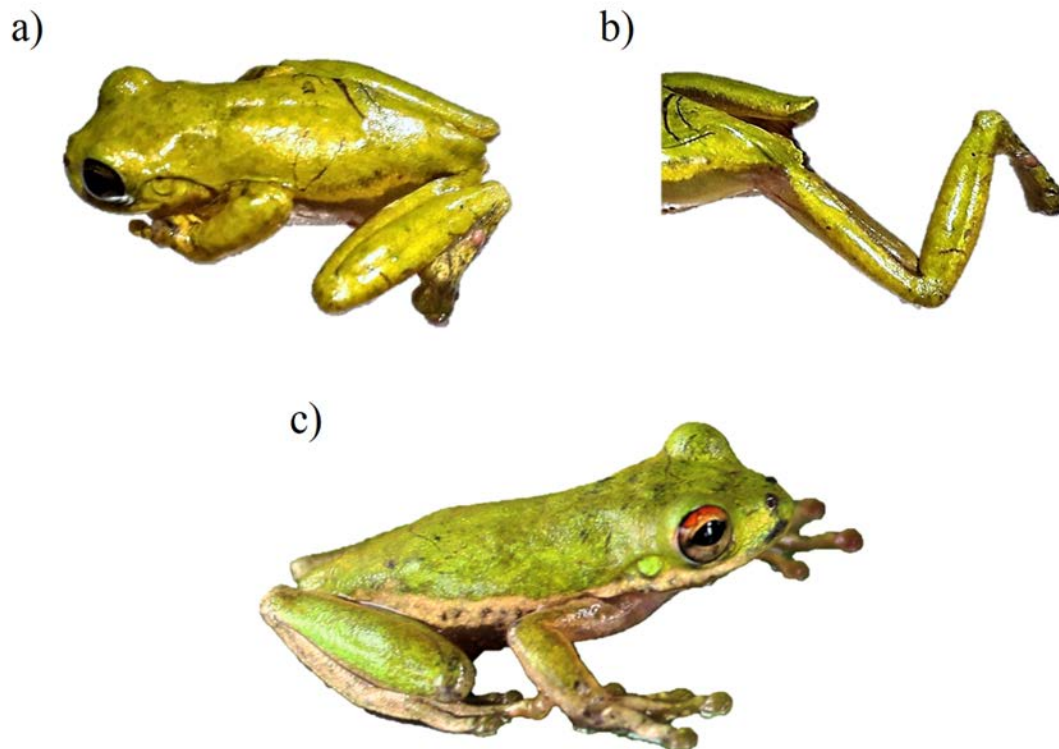
En las ranas que habitan en México sólo se han registrado anomalías morfológicas del tipo polimelia (extremidad adicional), ectromelia (extremidad incompleta), micromelia (extremidad reducida), polifalangia (falanges adicionales), ectrodactilia (ausencia de dígitos y falanges) y braquidactilia (reducción en la longitud de los dígitos y falanges). Las especies

de ranas reportadas con las anomalías antes mencionadas son *Lithobates neovolcanicus* (Barragán-Ramírez & Navarrete-Heredia, 2011), *Dryophytes arenicolor*, *Lithobates forreri*, *Lithobates zweifeli* (Monroy-Vilchis et al., 2015) y *Craugastor rhodopsis* (Díaz-García et al., 2019). A pesar de contar con pocos casos registrados en el país, las anomalías morfológicas han sido reconocidas como una amenaza para la conservación de los anfibios (Blaustein & Johnson, 2003), debido a que pueden reducir su capacidad para conseguir alimento o pareja (Johnson et al., 2006). Además, estas anomalías pueden afectar la movilidad de las ranas haciéndolas más susceptibles a los depredadores y parásitos (Blaustein & Johnson, 2003).

En este trabajo, presentamos el primer registro de ectrodactilia y braquidactilia en un individuo de *Rheohyla miotympanum* (Cope, 1863). Este registro fue observado en un cafetal bajo sombra ubicado en un paisaje de bosque de niebla en la localidad de Baxtla del municipio de Teocelo, Veracruz, México (19.3695871°N, 96.980104°W, WGS84, 1086 m). El 29 de octubre del 2019 a las 20:41 h capturamos un individuo adulto macho de *R. miotympanum* (longitud hocico-cloaca = 28.8 mm,

1.7 g) posado sobre la vegetación herbácea circundante a un arroyo. El individuo presentaba únicamente dos de los cinco dedos en la extremidad posterior izquierda, además estos eran de un tamaño reducido (Figura 1). Según la guía de campo para malformaciones de ranas y sapos con interpretación radiográfica de Meteyer (2000), estas anomalías se identificaron como ectrodactilia (reducción en el número de dígitos y falanges) y braquidactilia (reducción en la longitud de los dígitos y falanges). El individuo fue liberado en el mismo sitio de captura después de ser examinado, medido y fotografiado. Las fotografías de estos registros de anomalías fueron depositadas en la colección digital del Natural History Museum of Los Angeles, California (LACM PC-2582-2583). Durante la misma noche y en el mismo cafetal bajo sombra, se capturaron otros 16 individuos de *R. miotympanum* sin presencia de alguna anomalía morfológica.

Este registro de ectrodactilia y braquidactilia en *R. miotympanum* es el tercer caso de anomalía morfológica descrito en anfibios que habitan en paisajes de bosque de niebla del centro de Veracruz. Los primeros fueron identificados recientemente como ectromelia de fémur en *C. rhodopis* y microftalmia en *Aquiloerycea cafetalera* por Díaz-García et al. (2019) en un bosque de niebla en Huatusco, a ~20 km de nuestra región de estudio. A pesar de que desconocemos la causa de las anomalías morfológicas registradas en el individuo de *R. miotympanum*, este caso se suma a los registros de parasitoidismo por moscas en esta misma especie y región (Vázquez-Corzas et al., 2018), así como al reporte de coloración anormal (Aguilar-López et al., 2017) y la presencia de residuos de plaguicidas organoclorados en varios individuos de esta especie (Valdespino et al., 2015). Por lo tanto en la región centro de Veracruz, *R. miotympanum* es un anfibio que puede estar sometido a diferentes amenazas, además de la destrucción de su hábitat y la cacería



**Figure 1.** Male specimen of *Rheohyla miotympanum* with ectrodactyly (reduction in the number of phalanges and fingers) and braquidactyly (reduction in the length of phalanges and fingers) in the left hindlimb, observed in a coffee shade-coffee plantation at the center of Veracruz, Mexico (a, b). Male specimen of *Rheohyla miotympanum* with normal morphology in the hindlimb (c). Pictures: Juan Manuel Díaz-García (LACM PC-2582-2583).

**Figura 1.** Individuo macho de *Rheohyla miotympanum* con ectrodactilia (reducción en el número de falanges y dedos) y braquidactilia (reducción en la longitud de las falanges y dedos) en la extremidad posterior izquierda, observado en un cafetal bajo sombra del centro de Veracruz, México (a, b). Individuo macho de *Rheohyla miotympanum* con morfología normal en la extremidad posterior (c). Fotografías: Juan Manuel Díaz-García (LACM PC-2582-2583).

para consumo (IUCN, 2020). Esta especie podría considerarse como una especie focal para desarrollar estudios que permitan determinar cómo afectan las enfermedades y las anormalidades morfológicas al mantenimiento de las poblaciones de anfibios en la región. Así como para identificar la tasa de incidencia y los posibles factores asociados a las anormalidades morfológicas en anfibios del bosque de niebla.

**Agradecimientos.**— Eduardo Pineda aportó ayuda técnica y logística. Neftalí Camacho catalogó las fotografías. Este trabajo fue apoyado por el proyecto de Ciencia Básica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) “Importancia de la vegetación ribereña en los ecosistemas acuáticos: su función en la conservación de la calidad de agua de ríos en paisajes agropecuarios tropicales” No. 285962.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar-López, J.L., A. Sandoval-Comte, E. Pineda & F.G. Vázquez-Corzas. 2017. *Rheohyla miotympanum* (small-eared tree frog). Abnormal coloration. *Herpetological Review* 48:3-4.
- Aguillón-Gutiérrez, D.R. & A. Ramírez-Bautista. 2015. Anomalías frecuentes en una población de *Hyla plicata* (Anura: Hylidae) expuesta a plomo y hierro durante el desarrollo postembrionario. *BIOCYT* 8:515-529.
- Barragán-Ramírez, J.L. & J.L. Navarrete-Heredia. 2011. Primer registro de un caso de malformaciones en *Lithobates neovolcanicus* (Hillis & Frost 1985) (Anura: Ranidae). *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 27:837-841.
- Blaustein, A.R. & P.T. Johnson. 2003. The complexity of deformed amphibians. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1:87-94.
- Díaz-García, J.M., S. Gómez-Toxqui, E. Silva-Ayala, A. Kelly-Hernández & V. Vásquez-Cruz. 2019. Microftalmia en *Aquileurycea 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.
- Gardiner, D.M. & D.M. Hoppe. 1999. Environmentally induced limb malformations in Mink Frogs (*Rana septentrionalis*). *Journal of Experimental Zoology* 284:207-216.
- Henle, K., A. Buboiss & V. Vershinin. 2017. A review of anomalies in natural populations of amphibians and their potential causes. *Mertensiella* 25:57-164.
- Hennekam, R.C., L.G. Biesecker, J.E. Allanson, J.G. Hall, J.M. Opitz, I.K. Temple, J.C. Carey & Elements of Morphology Consortium. 2013. Elements of Morphology: General Terms for Congenital Anomalies. *American Journal of Medical Genetics* 161(A):2728-2729.
- IUCN, 2020. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2019-1. <https://www.iucnredlist.org/>, Accessed date: 19 may 2020.
- Johnson, P.T., E.R. Preu, D.R. Sutherland, J.M. Romansic, B. Han, & A.R. Blaustein. 2006. Adding infection to injury: synergistic effects of predation and parasitism on amphibian malformations. *Ecology* 87:2227-2235.
- Johnson, T.J., K.B. Lunde, D.A. Zelmer & J.K. Werner. 2003. Limb deformities as an emerging parasitic disease in amphibians: Evidence from museum specimens and resurvey data. *Conservation Biology* 17:1724-1737.
- Laurence, W.F. 2010. Habitat destruction: death by a thousand cuts. Pp.73-87. En N.S. Sodhi & P.R. Ehrlich (Eds.), *Conservation Biology for all*. Oxford University press.
- 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.
- Oullet, M., J. Bonin, J. Rodrigue, J.L. DesGranges & S. Lair. 1997. Hindlimb derformities (ectromelia, ectrodactyly) in free-living anurans from agricultural habitats. *Journal of Wildlife Diseases* 33:95-104.
- Peltezer, 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.

- Ramírez-Jaramillo, S.M. 2019. Primer reporte sobre la presencia de malformaciones en siete especies de ranas (Amphibia, Anura) de bosque húmedo tropical en el Ecuador. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 2:34-40.
- Valdespino C., A.I. Huerta-Peña, A. Pérez-Pacheco & J. Rendón von Osten. 2015. Persistent organochlorine pesticides in two Hylidae species from La Antigua watershed, Veracruz, México. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 94:17-22.
- Vázquez-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.



# DEPREDACIÓN DE *NINIA DIADEMATA* (SERPENTES: COLUBRIDAE) POR UNA ARAÑA VIUDA NEGRA (*LATRODECTUS MACTANS*)

## PREDATION OF *NINIA DIADEMATA* (SERPENTES: COLUBRIDAE) BY BLACK WIDOW SPIDER (*LATRODECTUS MACTANS*)

ANGEL EDUARDO CARRASCO-GONZÁLEZ<sup>1\*</sup> & RICARDO SERNA-LAGUNES<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Bioinformática y Bioestadística, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. Calle Josefa Ortiz de Domínguez s/n. Col. Centro, Peñuela. Amatlán de los Reyes, C.P 94950, Veracruz, México.

\*Correspondencia: angeleduardo1723@hotmail.com

**Abstract.**— Predation of herpetozoans by spiders has been reported in tropical climate zones in Central Veracruz. However, this is the first report of predation of the collared coffee snake (*Ninia diademata*) by a black widow spider (*Latrodectus mactans*; ♀) in central Veracruz in a temperate climate. This information is important to increase the knowledge of the multitrophic interactions in the ecosystems that occur in the High Mountains Region, Veracruz, Mexico.

**Keywords.**— Coffee snake, Diet, Prey, Theridiidae.

**Resumen.**— La depredación de herpetozoos por arañas se ha reportado en zonas de clima tropical en el centro de Veracruz. Sin embargo, este es el primer reporte de depredación de la culebra cafetalera de collar (*Ninia diademata*) por una araña viuda negra (*Latrodectus mactans*; ♀) en el centro de Veracruz en un clima templado. Esta información es importante para incrementar el conocimiento de las interacciones multitróficas en los ecosistemas que ocurren en la Región de Las Altas Montañas, Veracruz, México.

**Palabras clave.**— Culebra cafetalera, Dieta, Presa, Theridiidae.

Contribuir al conocimiento de la relación depredador-presa entre arácnidos-herpetozoos ayuda a comprender la estructura de las redes tróficas y la dinámica entre las comunidades bióticas (Gaiarsa et al., 2012). Por ejemplo, se han observado arañas alimentándose de especies de serpientes juveniles con hábitos nocturnos (Aguilar-López et al., 2014).

*Latrodectus mactans* (Fabricius, 1775), es una especie conocida comúnmente en México como viuda negra, de la familia Theridiidae (grupo de arañas tejedoras), probablemente nativa de Norteamérica e introducida en Sudamérica y Asia (World Spider Catalog, 2019); son arácnidos depredadores oportunistas estacionarios: la técnica de caza aplicada consiste en formar una red y esperar a que las presas queden atrapadas en esta (Nyffeler, 1999). Las telarañas que construyen suelen ser irregulares, brillantes y consistentes. Recientemente son arácnidos que se han adaptado a vivir en zonas urbanas en sitios oscuros, frescos y secos; esta especie presenta dimorfismo sexual, es decir, el tamaño de los machos no sobrepasa los 10 mm, mientras que las hembras miden entre 30 y 40 mm (Redtox, 2020). La dieta de las arañas del género *Latrodectus* es muy variada, ya que incluye

un amplio rango de artrópodos como hormigas (Nyffeler et al., 1988), ciempiés (Rosa et al., 2016), isópodos (Salomon, 2011), escorpiones (Lira & Costa, 2014), coleópteros, himenópteros e inclusive otros arácnidos venenosos como *Loxosceles laeta* (Taucare-Rios & Canals, 2015). Debido a que las hembras adultas son de mayor tamaño que los machos, estas tienen la capacidad de depredar mamíferos pequeños como ratones (D'Amour et al., 1936), ratas (Nyffeler & Vetter, 2018), además existen reportes de depredación de anfibios y reptiles (Neill, 1948), como el eslizones (Oshea & Kelly, 2007; Metcalfe & Ridgeway, 2013; Shine & Tamayo, 2016), lacertilios, geckos (Hódar & Sánchez-Piñero, 2002) y colúbridos (Rocha et al., 2017).

Por su parte, *Ninia diademata* (Baird & Girard, 1853), es un pequeño colúbrido (Serpentes: Colubridae) que puede medir hasta 35 cm de longitud total (Universidad Francisco Marroquín, 2007), con una distribución geográfica que abarca desde el Sureste de México (estados de Chiapas, Hidalgo, Oaxaca, Querétaro, San Luis Potosí, Tabasco y Veracruz), hasta el norte de Centroamérica (Wallach et al., 2014). Debido a sus hábitos semifosoriales, esta especie habita bajo rocas y hojarasca y sale

a la superficie del suelo para alimentarse (Burger & Werler, 1954) de pequeños invertebrados como caracoles (Zaher et al., 2014) y babosas (Taylor, 1949). El género *Ninia* ha sido reportado como presa de serpientes ofiófagas del género *Micrurus* (Greene, 1976), la culebra perico mexicana *Leptophis mexicanus* (Henderson & Hoevers, 1977), y por *Bothrops asper* (Carbajal-Márquez et al., 2019). Durante la madrugada del lunes 29 de junio de 2020, alrededor de las 03:50 am, en la localidad de Río Blanco, Veracruz, México (18.831996° N, 97.118774° O, WGS 84; elevación: 1234 msnm) se observó un ejemplar de *Ninia diademata* de aproximadamente 10 cm de longitud total, atrapado sin vida en la telaraña de una hembra de viuda negra de la especie *Latrodectus mactans*. La telaraña del arácnido se encontraba ubicada en el patio trasero de una vivienda, entre un armario para insumos de jardinería y una ventana. Durante el registro, el arácnido se mantuvo por 2 min posado en su telaraña por debajo de su presa (Fig. 1). Posteriormente, la araña se dirigió hacia la parte superior de la telaraña para refugiarse en una maceta vacía.

Se ha reportado que las arañas del género *Latrodectus* se alimentan principalmente de insectos, sin embargo, en Brasil,

Rocha et al. (2017) reportaron la depredación de una culebra de cabeza negra (*Tantilla melanocephala*) por parte de una viuda café (*Latrodectus geometricus*).

*Ninia diademata* es un colúbrido que tiene registros históricos de distribución en la Región de las Altas Montañas (Dunn, 1935), mientras que *Latrodectus mactans* es una especie de arácnido que se distribuye en todos los estados de México (Salcedo-Sánchez et al., 2017), esto revela que la coincidencia de estas especies de serpientes consumidas por arañas del género *Latrodectus*, es un indicador de que la dieta de este grupo de artrópodos está estrechamente relacionada con la distribución geográfica de la serpientes que concurre en el área en que cohabitan (Aguilar-López et al., 2014) y es un ejemplo de la importancia de los arácnidos sobre la dinámica poblacional de serpientes.

## LITERATURA CITADA

Aguilar-López, J.L., E. Pineda & R. Luría-Manzano. 2014. Depredación de tres especies de herpetozoos por arañas en la región tropical de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:965-968.

Burger, W.L. & J.E. Werler. 1954. The subspecies of Ring-necked Coffee Snake, *Ninia diademata*, and a Short Biological and Taxonomic Account of the Genus. *University of Kansas Science Bulletin* 36:643-672.

Carbajal-Márquez, R.A., C.M. García-Balderas, T. Ramírez-Valverde, J.R. Cedeño-Vázquez & N.G. Blanco-Campos. 2019. New prey items in the diet of snakes from the Yucatán Peninsula, Mexico. *Cuadernos de Herpetología* 33: 71-74.

Dunn, E.R. 1935. The snakes of the genus *Ninia*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 21: 9-12.

D'Amour, F.E., F.E. Becker & W. Van Riper. 1936. The Black Widow Spider. *The Quarterly Review of Biology* 11:123-160.

Gaiarsa, M.P., L.R. Vieira de Alencar, C.J. Dias & M. Martins. 2012. Predator or prey? Predatory interactions between the frog *Cyclorampus boraceiensis* and the spider *Trechaleoides biocellata* in the Atlantic forest of southeastern Brazil. *Herpetology Notes* 5:67-68.

Gonçalo, M.R., H. Couto, & F. Andreone. 2016. Clash of the Venomous: Predation of a *Centipede cormocephalus* (Chilopoda:



**Figure 1.** *Ninia diademata* caught in the web of an adult female of *Latrodectus mactans* in Río Blanco, Veracruz. Photo by Angel Eduardo Carrasco González.

**Figura 1.** *Ninia diademata* atrapada en la red de una hembra adulta de *Latrodectus mactans* en Río Blanco, Veracruz. Foto de Angel Eduardo Carrasco González.

- Scolopendridae) by a Black Widow *Latrodectus* (Araneae: Theridiidae) in Madagascar. *Arachnology* 17:58-60.
- Greene, H.W. 1976. Scale Overlap, a Directional Sign Stimulus for Prey Ingestion by Ophiophagous Snakes 1. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 41:113-120.
- Henderson, R.W. & L.G. Hoevers. 1977. The seasonal incidence of snakes at a locality in northern Belize. *Copeia* 1977: 349-355.
- Hódar, J.A. & F. Sánchez-Piñero. 2002. Feeding habits of the blackwidow spider *Latrodectus lilianae* (Araneae: Theridiidae) in an arid zone of south-east Spain. *Journal of Zoology* 257:101-109.
- Lira, A.F.A. & A.A. Costa. 2014. First record of a brown widow spider *Latrodectus geometricus* Koch, 1841 (Araneae, Theridiidae) feeding scorpion (Scorpiones, Bothriuridae) in a Brazilian Atlantic forest. *Brazilian Journal of Biology* 74:1011.
- Metcalf, D.C. & P.A. Ridgeway. 2013. A case of web entanglement and apparent predation of the skink *Lampropholis delicata* (De Vis, 1888) (Sauria: Scincidae: Lygosominae) by the red-back spider *Latrodectus hasseltii* Thorell, 1870 (Aranea [sic]: Araneomorpha: Theridiidae) in an autochthonous mesic habitat in coastal southeast Australia. *Herpetology Notes* 6:375-377.
- Neill, W.T. 1948. Spiders preying on reptiles and amphibians. *Herpetologica* 4:158.
- Nyffeller, M., D.A. Dean & W.L. Sterling. 1988. The southern black widow spider, *Latrodectus mactans* (Araneae, Theridiidae), as a predator of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* (Hymenoptera, Formicidae), in Texas cotton fields. *Journal of Applied Entomology* 106:52-57.
- Nyffeler, M. 1999. Prey Selection of Spiders in the Field. *The Journal of Arachnology* 27:317-324
- Nyffeler, M. & Vetter, R.S. 2018. Black widow spiders, *Latrodectus* spp. (Araneae: Theridiidae), and other spiders feeding on mammals. *The Journal of Arachnology* 46:541-548.
- O'Shea, M. & K. Kelly. 2017. Predation on a Weasel Skink (*Saproscincus mustelinus*) (Squamata: Scincidae: Lygosominae) by a Redback Spider (*Latrodectus hasseltii*) (Araneae: Araneomorpha: Theridiidae), with a review of other *Latrodectus* predation events involving squamates. *Herpetofauna* 44: 49-55.
- Redtox. 2020. Viuda negra / araña capulina. <https://www.redtox.org/lo-que-debes-saber/ejemplares-venenosas/aracnidos/item/96-viuda-negra-arana-capulina>. [Consultado el 03/07/20].
- Rocha, C.R., P.C. Motta, A. de Souza Portella, M. Saboya & R. Brandão. 2017. Predation of the snake *Tantilla melanocephala* (Squamata: Colubridae) by the spider *Latrodectus geometricus* (Araneae: Theridiidae) in Central Brazil. *Herpetology Notes* 10:647-650.
- Salceda-Sánchez, B., V. Hernández-Hernández, E. Conde-Sánchez, M. Vargas-Olmos, J. López-Cárdenas & H. Huerta. 2017. New Registers de the *Latrodectus* Walckenaer y *Loxosceles* Heineken y Lowe Genera and their Distribution in Mexico. *Southwestern Entomologist* 42: 575-582.
- Salomon, M. 2011. The natural diet of a polyphagous predator, *Latrodectus hesperus* (Araneae: Theridiidae), over one year. *The Journal of Arachnology* 39:154-160.
- Shine, R. & B. Tamayo. 2016. When predators become prey: the lizard-eating spiders of suburbia. *Australian Zoologist* 38:212-213.
- Taucare-Ríos, A. & M. Canals. 2015. Feeding habits of the brown widow spider *Latrodectus geometricus* (Araneae: Theridiidae) in northern Chile. *Revista Iberica de Aracnología* 27:155-158.
- Taylor, E.H. 1949. A preliminary account of the herpetology of the state of San Luis Potosi, México. *University of Kansas Science Bulletin* 33:169-215.
- Universidad Francisco Marroquín. 2007. *Arboretum*. <https://arboretum.ufm.edu/animales/ninia-diademata>. [Consultado el 01/07/2020].
- Wallach, V., K.L. Williams & J. Boundy. 2014. *Snakes of the world: a catalogue of living and extinct species*. CRC Press, Taylor & Francis Group. Boca Raton, Florida, E.U.
- World Spider Catalog. 2019. *Latrodectus mactans*. <http://wsc.nmbe.ch> [Consultado el 17/03/2019]
- Zaher, H., L. de Oliveira, F.G. Grazziotin, M. Campagner, C. Jared, M.M. Antoniazii & A.L. Prudente. 2014. Consuming viscous prey: A novel protein-secreting delivery system in neotropical snail-eating snakes. *Evolutionary Biology* 14:1-28.



# ON THE TAXONOMIC STATUS OF *APOSTOLEPIS RONCADORI* LEMA, 2016 AND *APOSTOLEPIS VITTATA* (COPE, 1887) (SERPENTES: DIPSIDAE)

SOBRE EL ESTATUS TAXONÓMICO DE *APOSTOLEPIS RONCADORI* LEMA, 2016 Y *APOSTOLEPIS VITTATA* (COPE, 1887) (SERPENTES: DIPSIDAE)

OMAR MACHADO ENTIAUSPE-NETO<sup>1\*</sup> & ARTHUR TIUTENKO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Vertebrados, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 96203-900, Brazil.

<sup>2</sup>Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Schlossplatz 4, 91054 Erlangen, Germany.

\*Correspondence: omarentiauspe@hotmail.com

**Resumen.**— *Apostolepis* Cope, 1862 es un género de serpientes dipsadideas especioso. Entre su más de 30 especies, muchas son únicamente conocidas por una pequeña serie de individuos. La falta de información básica sobre las variaciones morfológicas y la historia natural ha dado como consecuencia una historia taxonómica difícil del grupo. Revisamos el estado taxonómico de la recientemente descrita *Apostolepis roncadori* Lema, 2016 y discutimos sobre su posible sinonimia con una especie previamente conocida, *Apostolepis vittata* Cope, 1887, considerando que sus caracteres de diagnóstico no difieren, o la diferencia puede atribuirse a la variación intraespecífica.

**Palabras clave.**— Elapomorphini, Neotropical, Sinónimo, Sistemática.

**Abstract.**— *Apostolepis* Cope, 1862 is a speciose dipsadid snake genus. Among its more than 30 taxa, several species are known only from small series of specimens. The lack of basic information about morphological variations and natural history has resulted in a difficult taxonomic history of the group. We revisit the taxonomic status of the recently described *Apostolepis roncadori* Lema, 2016 and argue about its synonymy with a previously long-known species *Apostolepis vittata* Cope, 1887, considering their diagnostic characters either do not differ or the difference can be attributed to intraspecific variation.

**Keywords.**— Elapomorphini, Neotropical, Synonym, Systematics.

*Apostolepis* Cope, 1862 is a large genus of Neotropical dipsadid snakes, encompassing over 30 small to medium sized species, that together with other three genera (*Coronelaps* Lema & Deiques, 2010; *Elapomorphus* Wiegmann, 1843; *Phalotris* Cope, 1862) constitute a monophyletic tribe of the Elapomorphini Jan, 1862 (Ferrarezzi, 1993; Zaher, 1999; Zaher et al., 2009; Grazziotin et al. 2012; Colli et al., 2019; Entiauspe-Neto et al., 2019). These snakes are characterized by a short dentigerous dentary teeth process, U-shaped fronto-parietal suture, two or less pterygoid palatine teeth, six or less supralabial scales, and an entire nasal plate (Ferrarezzi, 1993; Zaher, 1999; Zaher et al., 2009). From other Elapomorphini genera, *Apostolepis* can be distinguished by its characteristic fusion of prefrontals and internasals (Ferrarezzi, 1993).

Quite a few species of the genus have been described a century or longer ago from a single specimen or a small series of specimens and quite often in a usual for that historical

period manner, when color rather than distinct morphological characters were playing a role. This often resulted in taxonomic confusion and uncertain status of some taxa described according to modern standards later if such inaccurate historical descriptions had been ignored or overlooked.

Cope (1887) described *Rhynchonyx ambiniger vittatus* based on an adult male individual (Fig. 1, ANSP 11293) from “Chapada” (Chapada dos Guimarães), Mato Grosso state, that he distinguished from the nominal *Apostolepis ambiniger* (Peters, 1869) by the presence of longitudinal colors bands. The description is brief, and contains only information about color and pattern. Later, Boulenger (1896) provided a redescription for *Rhynchonyx ambiniger*. He suggested its inclusion in *Apostolepis* and a modification of its epithet (from *ambiniger* to *ambinigra*), while considering *A. ambinigra vittatus* to be a synonym. Amaral (1930:224) reanalyzed both, *Apostolepis ambinigra vittatus* and *Apostolepis tenuis*, and considered these taxa as conspecific with



**Figura 1.** Vista comparativa de las cabezas de *Apostolepis roncadori* (BMNH 1972.429, izquierda) and *Apostolepis vittata* (ANSP 11293, derecha). Crédito fotográfico: Ned Gilmore (*A. vittata*) y Patrick Campbell (*A. roncadori*).

**Figure 1.** Head view comparison of *Apostolepis roncadori* (BMNH 1972.429, left) and *Apostolepis vittata* (ANSP 11293, right). Photograph credits: Ned Gilmore (*A. vittata*) and Patrick Campbell (*A. roncadori*).

*Apostolepis ambinigra*, without further discussion, but after brief arguing that both species were “close” and “did not merit taxonomic recognition”. Peters and Orejas-Miranda (1972) carefully re-examined the type series of both *A. ambinigra vittatus* and *A. tenuis*, redescribed both taxa and considered them as full species, distinct from *A. ambiniger*. *Apostolepis vittata* remained known only from its holotype, until Harvey (1999) reported two individuals from Bolivia (CM 2824 from Río San Julian, Provincia Nuflo de Chaves; BMNH 1907.10.31.62, from Puerto Suarez, Provincia German Busch), although remarking that these specimens differed greatly from the holotype, and the status of Bolivian populations should be reassessed upon availability of more material. Lema and Renner (2004) later reported the discovery of new specimens from Mato Grosso, Brazil.

Lema (2002) described *Apostolepis christineae* on basis of an adult female (MCP 12515) from Estação Ecológica Serra das Araras, Barra dos Bugres, Mato Grosso, Brazil, separating it from *Apostolepis vittata* by presence of wide dark dorsal stripes (thin and incomplete, in *A. vittata*), absence of black gular collar, as well as absence of occipital scales. Lema (2002) also suggested that the specimens reported by Harvey (1999) should be considered as *Apostolepis* cf. *christineae*, giving as a reason that

these have more morphological similarity with *A. christineae* rather than with *A. vittata*. Unfortunately, the specimen CM 2824 had been lost during a loan (T.D.L. pers. comm.). Entiauspe-Neto and Lema (2015) reanalyzed the remaining specimen BMNH 1907.10.31.62 and identified it as the first confirmed record of *Apostolepis christineae* for Bolivia.

Recently, Lema (2016) described *Apostolepis roncadori* from a single adult male individual (Fig. 1, BMNH 1972.429) collected at Serra do Roncador (municipality of Ribeirão Cascalheira), Mato Grosso, at western Brazil. The author only noted that this species is “conspicuously different” from *A. vittata* and provided a direct comparison only with *A. christineae*. A closer look at the specimens and their comparison with similar *Apostolepis* have brought us to a revision of taxonomic relationship of *A. vittata* and *A. roncadori* that we present here.

## MATERIALS AND METHODS

We examined a total of 33 specimens of *Apostolepis* from the following collections: Academy of Natural Sciences, ANSP, USA; The Natural History Museum, BMNH, England; Instituto Butantan, IBSP, Brazil; Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, ICN, Colombia; Coleção Herpetológica, Instituto de Pesquisas Amazônicas, INPA, Brazil; Museu de Ciências e Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, MCP, Brazil; Muséum National d'Histoire Naturelle, MNHN, France; Museo de Historia Natural Para la Tierra, MHNP, Paraguay; Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, MZUSP, Brazil; Coleção Herpetológica da Universidade Federal do Mato Grosso, UFMT-R, Brazil; Coleção Herpetológica da Universidade Federal de Rondônia, UFRO-H, Brazil; University of Michigan Museum of Zoology, Herpetology collection, UMMZ, USA; Zoologisches Forschungsmuseum Alexander Koenig, ZFMK, Germany; Zoologisches Museum für Naturkunde Berlin, ZMB, Germany. A list of examined material is provided in Appendix 1.

An emended diagnosis, as well as meristic and morphometric characters were selected based on the nomenclature used by Entiauspe-Neto et al. (2020), as follows: head length, measured from center of rostral to the corner of mouth; head width, measured at the corner of mouth; snout-vent length, ventrally measured from center of rostral to the posterior margin of cloacal scale; tail length, measured from posterior margin of cloacal scale to terminal scale. Head and tail measurements were taken with a dial caliper to the nearest 0.01 mm; for others, a flexible ruler was used. Scale counts follow Dowling (1951).

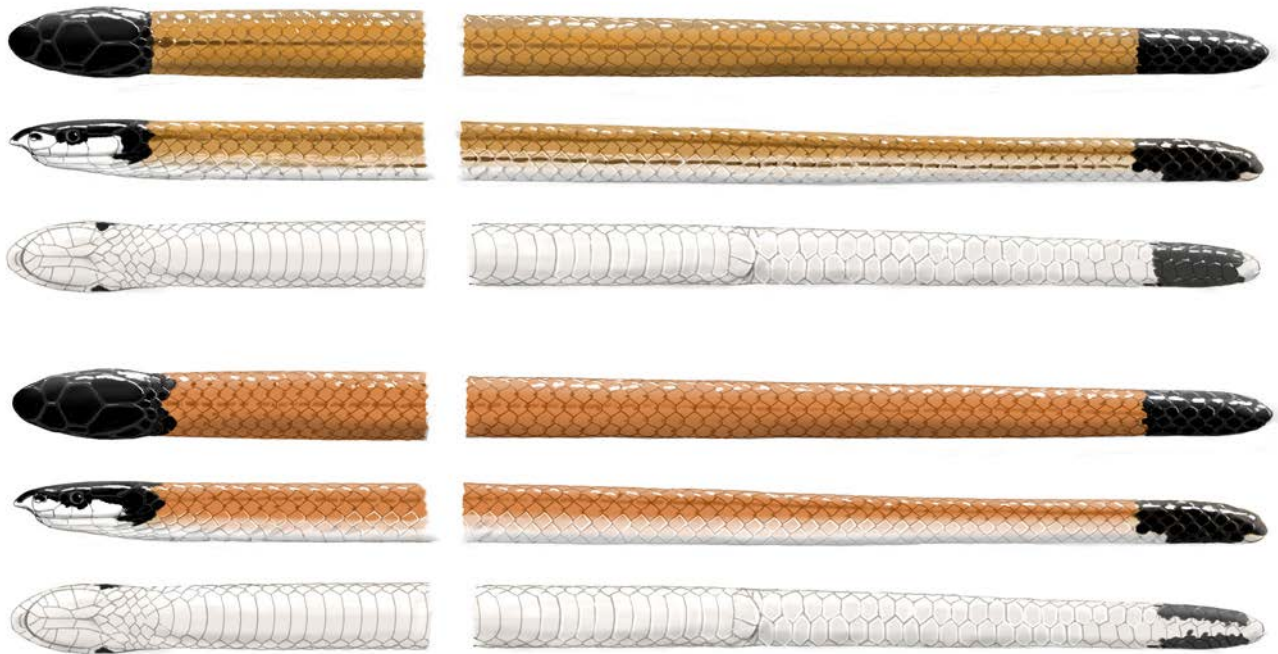
## RESULTS

The holotype of *A. roncadori* shares several striking similarities with the holotype of *A. vittata*. The description only contains brief sections about morphology, measurements, pholidosis, coloration fit on a single page, as well as a dichotomous key and a conclusion section. Both individuals present similar total body size (305 mm in *A. vittata*, 252 mm in *A. roncadori*), head length (6.5 mm in *A. vittata*, 8.4 mm in *A. roncadori*), tail length (25 mm in *A. vittata*, 16 mm in *A. roncadori*), labial scales count (5 infralabials and 6 infralabials in both *A. vittata* and *A. roncadori*), ventrals (238 in *A. vittata*, 239 in *A. roncadori*), and subcaudals (27 in *A. vittata*, 24 in *A. roncadori*). Both type localities (Chapada dos Guimarães and Serra do Roncador, Ribeirão Cascalheira) are situated at similar elevation, within the Cerrado biome. The only difference that remains between both individuals is the dorsal pattern (consisting of thin dorsal stripes in *A. vittata*, five vestigial stripes in *A. roncadori*, Figure 2, Tabla 1).

However, in some topotypical specimens of *A. vittata* (UFMT-R 12259, CHUNB 30656) the dorsal stripes are vestigial or absent in life, and the snakes had a uniform dorsal pattern, identical

to that of the holotype of *A. roncadori*. Exposure to light or poor conservation might also have contributed to their discoloration. Considering the lack of diagnostic characters and a significant overlap in morphology, combined with a close geographic distribution, we regard *A. roncadori* as a junior synonym of *A. vittata*.

*Apostolepis vittata* can be distinguished from all its congeners by the following combination of characters: (1) 15/15/15 smooth dorsals, without apical pits; (2) preocular single, contacting nasal; (3) postocular single; (4) loreal absent; (5) temporals 1+0 or absent; (6) supralabials 5, with 2nd and 3rd in contact with orbit; (7) infralabials 6, with first three or four in contact with anterior chinshields; (8) ventrals 227–239 in males; (9) subcaudals 24–28 pairs in males; (10) in life, dorsal background coloration orange or red, with five thin black stripes present or absent, supralabial blotch reaching five supralabials, nuchal collars absent, tail blotch black, up to 12 dorsals wide (white, orange, and red colorations may become indistinct in preservative); (11) in life, ventral pattern similar to dorsal, uniformly light orange, black gular collar absent or present, terminal caudal spine black or white.



**Figura 2.** Comparación de patrones de *Apostolepis vittata* (ANSP 11293, holotipo, arriba) y *Apostolepis roncadori* (BMNH 1972.429, holotipo, abajo).

**Figure 2.** Pattern comparison of *Apostolepis vittata* (ANSP 11293, holotype, top) and *Apostolepis roncadori* (BMNH 1972.429, holotype, bottom).

**Tabla 1.** Datos comparativos de los ejemplares analizados de *Apostolepis vittata*. Las medidas están en mm.

**Table 1.** Comparative dataset between analyzed specimens of *Apostolepis vittata*. Measurements are given in mm.

| Characters                   | ANSP 11293<br>(Holotype of<br><i>A. vittata</i> ) | MCP 13283                                   | BMNH<br>1972.429<br>(Holotype of<br><i>A. roncadori</i> ) | CHUNB<br>30656                                  |
|------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>Age, sex</b>              | Adult male                                        | Adult male                                  | Adult male                                                | Adult,<br>missing<br>middle of<br>body          |
| <b>Head length</b>           | 6.5                                               | 7.24                                        | 8.4                                                       | 8.1                                             |
| <b>Head width</b>            | 2.7                                               | 2.96                                        | 3.1                                                       | 3.40                                            |
| <b>Tail length</b>           | 25                                                | 29                                          | 16                                                        | —                                               |
| <b>Total length</b>          | 305                                               | 308.24                                      | 252.04                                                    | —                                               |
| <b>Snout-vent<br/>length</b> | 280                                               | 279.2                                       | 235                                                       | —                                               |
| <b>Ventrals</b>              | 238                                               | 227                                         | 239                                                       | —                                               |
| <b>Subcaudals</b>            | 27                                                | 28                                          | 24                                                        | —                                               |
| <b>Supralabials</b>          | 5, 2–3 in<br>contact<br>with orbit                | 5, 2–3 in<br>contact<br>with orbit          | 5, 2–3 in<br>contact<br>with orbit                        | 5, 2–3 in<br>contact<br>with orbit              |
| <b>Infralabials</b>          | 6, 1–3 in<br>contact<br>with<br>chinshields       | 6, 1–3 in<br>contact<br>with<br>chinshields | 6, 1–3 in<br>contact<br>with<br>chinshields               | 6, 1–3 in<br>contact<br>with<br>chinshields     |
| <b>Dorsal<br/>pattern</b>    | Five brown<br>dorsal<br>stripes                   | Five brown<br>dorsal<br>stripes             | Five<br>vestigial<br>brown<br>dorsal<br>stripes           | Five<br>vestigial<br>brown<br>dorsal<br>stripes |
| <b>Ventral<br/>color</b>     | Uniformly<br>cream                                | Uniformly<br>cream                          | Uniformly<br>cream                                        | Uniformly<br>cream                              |

## DISCUSSION AND CONCLUSIONS

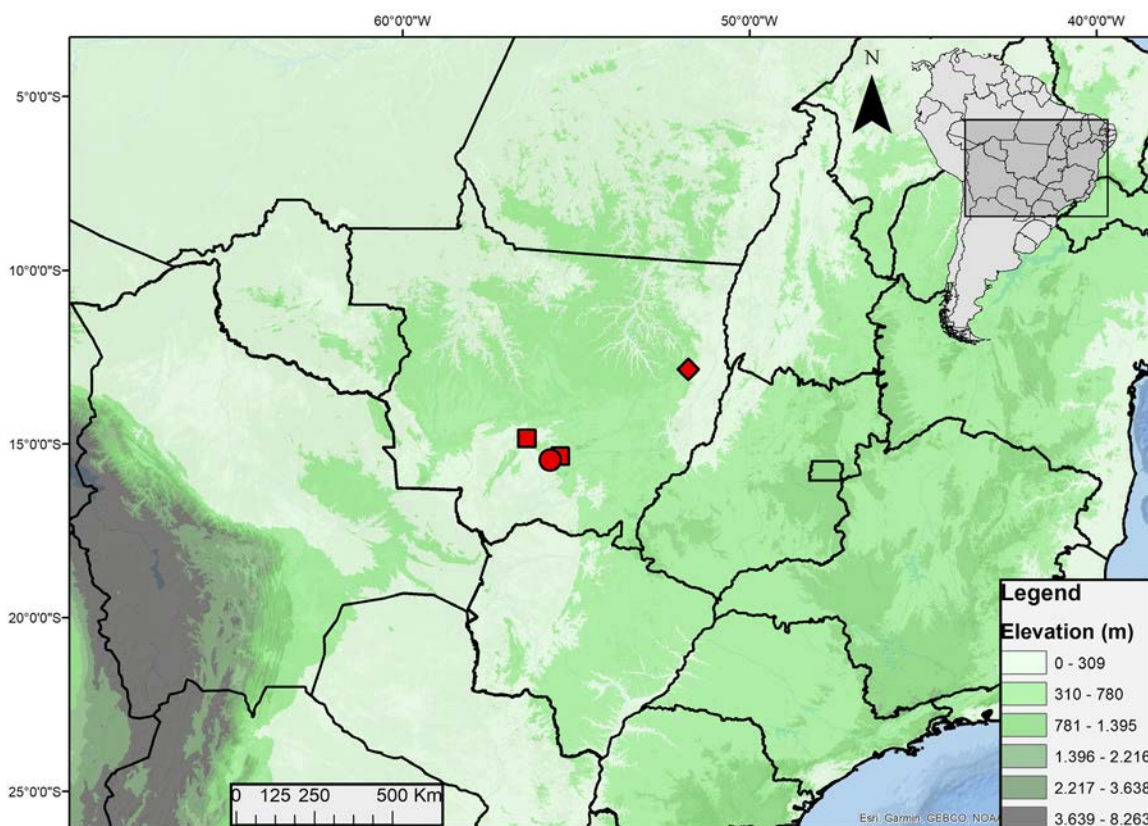
*Apostolepis vittata* remains known from less than 10 specimens, restricted to four locations in the heart of the Cerrado ecoregion at western Brazil, and nothing is known about its ecology, distribution, or population trends. The diagnostic separation from its close congener, *A. christineae*, is also poorly supported. Notably, the specimen MCP 9192 of *A. vittata*, mentioned by Lema (2016), could not be found in its collection; a specimen of *Apostolepis goiasensis* has the same accession number.

The diagnosis of these two species refers to largely variable characters of external morphology. In *Apostolepis* coloration pattern and cephalic scalation can be particularly variable among and between populations (e.g. Harvey, 1999). With its restricted range (Fig. 3), *A. vittata* may be considered regionally endemic. Integrated study in genetics, osteology, hemipenial morphology, external morphological variability should clarify its taxonomic validity.

**Acknowledgements.**— We are grateful to the curators Patrick Campbell (BMNH) and Ned Gilmore (ANSP) for kindly allowing access and photographing specimens under their care. OME-N thanks Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for a PIBIC Grant (136628/2016-8). Our special thanks are due to Weverton Azevedo (Instituto Butantan) for assistance in making our plates and maps.

## LITERATURA CITADA

- Cope, E.D. 1887. Synopsis of the Batrachia and Reptilia obtained by H. H. Smith in the Province of Mato Grosso, Brazil. *Proceedings of the American Philosophical Society* 24:44–60.
- Entiauspe-Neto, O.M., T.B. Guedes, D. Loebmann & T. Lema. 2020. Taxonomic status of two simultaneously described *Apostolepis* Cope, 1862 species (Dipsadidae: Elapomorhini) from Caatinga Enclaves Moist Forests, Brazil. *Journal of Herpetology* 54:225–234.
- Entiauspe-Neto, O.M., A. Sena, A. Tiutenko & D. Loebmann. 2019. Taxonomic status of *Apostolepis barrioi* Lema, 1978, with comments on the taxonomic instability of *Apostolepis* Cope, 1862 (Serpentes, Dipsadidae). *ZooKeys* 841:71–78.
- Entiauspe-Neto, O.M. & T. Lema. 2015. *Apostolepis christineae* Lema, 2002 (Serpentes: Xenodontinae: Elapomorhini): first record for Bolivia. *Check List* 11:1814.
- Ferrarezzi, H. 1993. Sistemática Filogenética de *Elapomorphus*, *Phalotris* e *Apostolepis* (Serpentes: Colubridae: Xenodontinae). Master of Science Dissertation, Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. Brazil.
- Ferrarezzi, H., F.E. Barbo & C.E. Albuquerque. 2005. Phylogenetic relationship of a new species of *Apostolepis* from Brazilian Cerrado with notes on the *assimilis* group (Serpentes: Colubridae: Xenodontinae: Elapomorhini). *Papéis Avulsos de Zoologia* 45:215–229.



**Figura 3.** Distribución geográfica de *Apostolepis vittata*. Diamante: Localidad tipo para *A. roncadori*; Círculo: Localidad Tipo para *A. vittata*; Cuadros: Otros especímenes.

**Figure 3.** Geographic distribution of *Apostolepis vittata*. Diamond: Type locality for *A. roncadori*; Circle: Type locality for *A. vittata*; Squares: Other specimens.

- Golli, G.R., A.F. Barreto-Lima, P.T. Dantas, C.J.S. Morais, D.L. Pantoja, A. Sena & H.C. Sousa. 2019. On the occurrence of *Apostolepis phillipsi* (Serpentes, Elapomorphini) in Brazil, with the description of a new specimen from Mato Grosso. *Zootaxa*, 4619:580-588.
- Grazziotin, F.G., H. Zaher, R.W. Murphy, G. Schrocchi, M.A. Benavides, Y.P. Zhang & S.L. Bonatto. 2012. Molecular phylogeny of the New World Dipsadidae (Serpentes: Colubroidea): a rephrasial. *Cladistics* 1:1-23.
- Guedes, T.B., F.E. Barbo, D. França & H. Zaher. 2018. Morphological variation of the rare psammophilous species *Apostolepis gaboi* (Serpentes, Dipsadidae, Elapomorphini). *Zootaxa* 4418:469-480.
- Harvey, M.B. 1999. Revision of Bolivian *Apostolepis* (Squamata: Colubridae). *Copeia* 1999:388-409.
- Lema, T. & M.F. Renner. 2004. New specimens of *Apostolepis vittata* (Cope, 1887) (Serpentes, Elapomorphinae). *Caderno de Pesquisa* 16:51-56.
- Lema, T. 2002. Nova espécie de *Apostolepis* do grupo *lineata* do sudoeste do Brasil (Serpentes, Elapomorphinae). *Facena* 18:41-52.
- Lema, T. 2016. Description of new species of *Apostolepis* (Serpentes: Dipsadidae: Xenodontinae: Elapomorphini) from Serra do Roncador, Central Brazil. *Caderno de Pesquisa, série Biologia* 28:1-12.
- Peters, J. & B. Orejas-Miranda. 1972. The taxonomic validity of *Apostolepis tenuis* Ruthven and *Apostolepis vittata* (Cope) (Serpentes: Colubridae). *Copeia* 1972:588-590.

Vanzolini, P.E. 1986. Addenda and corrigenda to the catalogue of Neotropical Squamata. Smithsonian Herpetological Information Service 70:1-26.

Zaher, H. 1999. Hemipenial morphology of the South American xenodontine snakes, with a proposal for a monophyletic Xenodontinae and a reappraisal of Colubrid hemipenes. Bulletin of the American Museum of Natural History 240:1-168.

Zaher, H., F.G. Grazziotin, J.E. Cadle, R.W. Murphy, J.C. Moura-Leite & S.L. Bonatto. 2009. Molecular phylogeny of advanced snakes (Serpentes, Caenophidia) with an emphasis on the South American xenodontines: a revised classification and descriptions of new taxa. Papéis Avulsos de Zoologia 49:115-153.

## APPENDIX 1. MATERIAL EXAMINED

[Countries are given in bold capitals, states in plain capitals, municipalities in italics, and localities in plain text.]

***Apostolepis aff. niceforoi* (n= 1). BRAZIL:** RORAIMA: Caracara, Vila de Caicubi, Rio Jufari (MZUSP 19625).

***Apostolepis cerradoensis* (n= 1). BRAZIL:** Goiás: Minaçu (MCP 15219, holotype of *Apostolepis cerradoensis*).

***Apostolepis christineae* (n= 2). BOLIVIA:** SANTA CRUZ: Puerto Suarez, German Busch (BMNH 1907.10.31.62). **BRAZIL:** MATO GROSSO: Cáceres (MCP 12515, holotype of *Apostolepis christineae*).

***Apostolepis dorbignyi* (n= 1). "AMÉRIQUE MÉRIDIONALE":** Unknown locality (MNHN 3664, holotype of *Apostolepis dorbignyi*).

***Apostolepis goiasensis* (n= 1). BRAZIL:** MINAS GERAIS: Três Lagoas (CHFURG 1344).

***Apostolepis intermedia* (n= 2). PARAGUAY:** San Pedro: Laguna Blanca (MHNP 11533, 11636).

***Apostolepis kikoi* (n= 5). BRAZIL:** MATO GROSSO: APM Manso, Chapada dos Guimarães (MCP 12096, 14524, 14525, 11372, UFMT-R 1933).

***Apostolepis multicincta* (n= 3). BOLIVIA:** SANTA CRUZ: San Juan (ZFMK 66375, paratype of *Apostolepis multicincta*), Florida (ZFMK 75025, 75026).

***Apostolepis niceforoi* (n = 1). COLOMBIA:** Caquetá (Voucher withheld at request of collector).

***Apostolepis nigrolineata* (n= 2). SOUTH AMERICA** (ZMB 6447, *A. nigrolineata* holotype). **BRAZIL** (BMNH 1946.1.9.82, *A. pyimi* holotype).

***Apostolepis nigroterminata* (n= 3). PERU:** Cayaria (BMNH 1946.1.9.77, holotype).

***Apostolepis quinquelineata* (n= 4). GUYANA:** Georgetown (BMNH 89.9.30.12 holotype of *Apostolepis quinquelineata*). **BRAZIL:** AMAZONAS: Presidente Figueiredo (INPA-H 31440); RONDÔNIA: Porto Velho (UFRO-H 228, 229).

***Apostolepis quirogai* (n= 1). BRAZIL:** RIO GRANDE DO SUL: Santo Ângelo, Campus URI (MCP 12185).

***Apostolepis tenuis* (n= 1). BOLIVIA:** SANTA CRUZ: Buena Vista (UMMZ 64436, holotype of *Apostolepis tenuis*).

***Apostolepis vittata* (n = 5). BRAZIL:** MATO GROSSO: Chapada dos Guimarães (ANSP 11293, Holotype of *Rhynchonyx ambiniger vittatus*; CHUNB 30656), Parque Nacional Chapada dos Guimarães (UFMT-R 12259), Rio da Casca (MCP 13283), Serra do Roncador, Rio Araguaia (BMNH 1972.429, Holotype of *Apostolepis roncadori*).



# AMPLEXO HETEROESPECÍFICO ENTRE *RHINELLA HORRIBILIS* (ANURA: BUFONIDAE) Y *RHINOPHRYNUS DORSALIS* (ANURA: RHINOPHRYNIDAE) EN EL MUNICIPIO DE JIQUIPILAS, CHIAPAS, MÉXICO

HETEROSPECIFIC AMPLEXUS BETWEEN *RHINELLA HORRIBILIS* (ANURA: BUFONIDAE) AND *RHINOPHRYNUS DORSALIS* (ANURA: RHINOPHRYNIDAE) AT THE MUNICIPALITY OF JIQUIPILAS, CHIAPAS, MEXICO

EMMANUEL JAVIER-VÁZQUEZ<sup>1</sup>, VÍCTOR VÁSQUEZ-CRUZ<sup>2\*</sup> & VÍCTOR ALFONSO PÉREZ TRUJILLO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Programa Educativo de Licenciatura en Biología. Instituto de Ciencias Biológicas. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Libramiento Norte Poniente N. 1150, Col. Lajas de Maciel, Tuxtla Gutiérrez, 29039, Chiapas, México.

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

<sup>3</sup>Av 2A Norte Poniente S/N, Col. Tierra y Libertad, 30448, Jiquipilas, Chiapas, México.

\*Correspondencia: victorbiolvc@gmail.com

**Abstract.**— We document the first record of heterospecific amplexus between *Rhinella horribilis* and *Rhinophrynus dorsalis*, which we observed in the ejido Tierra y Libertad, municipality of Jiquipilas, Chiapas, Mexico. This behavior is a type of reproductive interference, and we suggest that it has differentially negative effects on the two species.

**Keywords.**— Burrowing toad, giant toad, interspecific amplexus, reproductive interference.

**Resumen.**— Documentamos el primer registro de amplexo heteroespecífico entre *Rhinella horribilis* y *Rhinophrynus dorsalis*, que observamos dentro del ejido Tierra y Libertad, municipio de Jiquipilas, Chiapas, México. Este comportamiento es un tipo de interferencia reproductiva, y sugerimos que tiene efectos diferencialmente negativos en las dos especies.

**Palabras clave.**— Amplexo interespecífico, interferencia reproductiva, sapo excavador mexicano, sapo gigante.

Durante la época reproductiva, los anuros machos utilizan vocalizaciones para atraer a las hembras, los anuros se valen de señales visuales, químicas y acústicas para identificar a sus congéneres (p. ej. Bowcock et al., 2008; Belanger & Corkum, 2009), así como llamadas de liberación, vibraciones o inflaciones corporales para disuadir a los machos que intentan el amplexo con especies erróneas (Bowcock et al., 2008; Mollov et al., 2010; Izzo et al., 2012). Sin embargo, estas señales pueden fallar ocasionando amplexos heteroespecíficos (individuos de especies diferentes) este comportamiento es relativamente raro, pero ha sido documentado en todo el mundo (p. ej. Luría & Vázquez, 2011; Flores-Hernández & Martínez-Coronel, 2014; Marchant et al., 2015; Groffen et al., 2019). Se ha reportado amplexo heteroespecífico tanto en especies cercanas (p. ej. Lago et al., 2018) como interfamiliares (p. ej. Clause et al., 2015; Vázquez-Cruz et al., 2019), al igual que las combinaciones de amplexos heterospecífico y necrófilo con ranas y salamandras (Álvarez, 2011; Simović, et al., 2014; Cortés et al., 2014) u otras especies no anfibias (p. ej. Babosas [Lyakurwa, 2019]) y objetos inanimados (Mollov et al., 2010).

Especies de anuros que presentan reproducción explosiva (Duellman & Trub, 1994), falta de selectividad de los machos, degradación y superposición de sus hábitats de crianza (Beranek, 2017; Vázquez-Cruz et al., 2019) a menudo son susceptibles al amplexo heteroespecífico. Este comportamiento es una interferencia reproductiva, ya que el resultado causa pérdida de tiempo y energía destinada para la reproducción, así como genética en el caso de liberación de los gametos, el cual puede resultar en hibridación inviable (Halliday, 1980; Haddad, 1994; Vázquez-Cruz et al., 2019). Aquí presentamos un caso de amplexo heteroespecífico interfamiliar y discutimos brevemente las implicaciones negativas para estas especies.

El 24 de mayo de 2019 a las 23:08 h, en el ejido Tierra y Libertad, municipio de Jiquipilas, Chiapas (16°23'9.63" N; 93°51'37.55" O; WGS 84; elev. 679) dos de nosotros (EJV e VAPT) observamos el amplexo heteroespecífico entre un macho de sapo gigante *Rhinella horribilis* (Wiegmann, 1833) y un sapo excavador mexicano *Rhinophrynus dorsalis* Duméril & Bibron, 1841 de sexo desconocido (Fig. 1). Estos anuros estaban en la orilla de una



**Figure 1.** Heterospecific amplexus between a male *Rhinella horribilis* and a *Rhinophrynus dorsalis* of unknown sex from ejido Tierra y Libertad, municipality of Jiquipilas, Chiapas, México.

**Figura 1.** Amplexo heteroespecífico entre un macho de *Rhinella horribilis* y un *Rhinophrynus dorsalis* del sexo desconocido del ejido Tierra y Libertad, municipio de Jiquipilas, Chiapas, México.

poza de agua permanente, dentro de la Escuela Preparatoria Agropecuaria Emiliano Zapata (EPAEZ), la cual se encuentra al final de la zona urbana de la colonia y en colindancia con los terrenos de uso agropecuario. En el sitio también se observaron varios individuos de las especies *Incilius valliceps* Wiegmann, 1833; *Smilisca baudinii* (Duméril & Bibron, 1841); *Leptodactylus melanonotus* (Hallowell, 1861) e *Hypobachus variolosus* (Cope, 1866). Este es el primer registro de amplexo heteroespecífico entre *Rhinella horribilis* y *Rhinophrynus dorsalis*, así como, el primer caso para este último.

La familia Bufonidae es reconocida por participar en amplexos heteroespecíficos (Hetttyey & Pearman, 2003; Wells, 2007). Previamente, se ha reportado casos de amplexo heteroespecífico entre especies del género *Rhinella* (p. ej. Costa-Campos et al., 2016), así como con especies filogenéticamente más separadas, por ejemplo, Flores-Hernández y Martínez-Coronel (2014) observaron un macho de *Rheohyla miotympanum* Cope, 1863 en amplexo con un juvenil de *R. horribilis*. El sapo gigante (*R. horribilis*) puede reproducirse durante gran parte del año, desde principios de la primavera hasta otoño, con un pico en la estación lluviosa (Oliver-López et al., 2009). Esto sugiere un bajo impacto negativo ante esta interferencia reproductiva.

Por el contrario, el sapo excavador mexicano *Rhinophrynus dorsalis* permanece bajo tierra prácticamente todo el año, emergiendo con la llegada de las primeras lluvias intensas para reunirse en estanques y reproducirse (Sandoval et al., 2015). Este evento único cada año es de los más cortos entre los anfibios, su

duración va de una noche a unas pocas noches, para después cada individuo cavar y permanecer bajo tierra hasta el próximo año (Leenders, 2001; Savage, 2002). Casos de interferencia reproductiva como este, afecta mayormente a esta especie de hábitos secretivos. La posibilidad de que este individuo en particular lograra reproducirse es baja, durante toda nuestra observación continuaron en amplexo a pesar del esfuerzo del *R. dorsalis* por disuadir al macho de *R. horribilis* de separarse. Como señal de inconformidad el ejemplar de *R. dorsalis* hacia inflaciones corporales y se mantenía en constante movimiento.

**Agradecimientos.**— A Juan José Cruz López y a Rubén Darío Peralta Rodríguez, Director y Secretario Académico de la Escuela Preparatoria Agropecuaria Emiliano Zapata (EPAEZ), así como a todos los administrativos, por permitir el acceso a dicha institución. A dos revisores anónimos por sus sugerencias para mejorar el manuscrito.

## LITERATURA CITADA

- Álvarez, J.A. 2011. *Bufo boreas* (Western Toad). Davian behavior. *Herpetological Review* 42:408-409.
- Belanger, R.M. & L.D. Corkum. 2009. Review of aquatic sex pheromones and chemical communication in anurans. *Journal of Herpetology* 43:184-191.
- Bowcock, H., G.P. Brown & R. Shine. 2008. Sexual communication in cane toads, *Chaunus marinus*: what cues influence the duration of amplexus?. *Animal Behaviour* 75:1571-1579.
- Clause, G.A., M.A. Greeley & K.A. Soto-Huerta. 2015. *Ecnomihyla miotympanum* (Small-eared Treefrog) and *Incilius cristatus* (Large-Crested Toad). Heterospecific amplexus. *Herpetological Review* 46: 230.
- Cortés Bedoya, S., J.C. Mantilla-Castaño & I.M. Pareja-Márquez. 2014. Necrophiliac and interspecific amplexus in *Dendropsophus columbianus* (Anura: Hylidae) in the Central Cordillera of Colombia. *Herpetology Notes* 7:515-516.
- Costa-Campos, C.E., S. Lobo Gama, É. Oliveira Galeno & M.F. Melo Furtado. 2016. Interspecific amplexi between two sympatric species of toads, *Rhinella major* and *Rhinella marina* (Anura: Bufonidae). *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 32:385-386.
- Duellman, W.E. & L. Trueb. 1994. *Biology of amphibians*. Baltimore, Maryland, USA, Johns Hopkins University Press.

- Flores-Hernández, F.J. & M. Martínez-Coronel. 2014. Interspecific amplexus between *Ecnomiohyla miotympanum* (Anura: Hylidae) and *Rhinella marina* (Anura: Bufonidae) in the state of Hidalgo, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 30:395-398.
- Groffen, J., Y. Yang, A. Borzée & Y. Jang. 2019. Interspecific amplexus between *Glandirana tientaiensis* (Chang, 1933) and *Odorrana schmackeri* (Boettger, 1892) at the Fuchun River, eastern China. *Herpetology Notes* 12:4-2.
- Haddad, C.F.B., J.P. Pombal-Júnior & R.F. Batistic. 1994. Natural hybridization between diploid and tetraploid species of leaf frogs, genus *Phyllomedusa* (Amphibia). *Journal of Herpetology* 28:425-430.
- Halliday, T. 1980. *Sexual strategy*. Oxford University Press, Oxford, England.
- Hettyey, A. & P.B. Pearman. 2003. Social environment and reproductive interference affect reproductive success in the frog *Rana latastei*. *Behavioral Ecology* 14:294-300.
- Izzo, T.J., D. J. Rodrigues, M. Menin, A.P. Lima & W.E. Magnusson. 2012. Functional necrophilia: a profitable anuran reproductive strategy?. *Journal of Natural History* 46:2961-2967.
- Lago Londero, J. E., R. dos Santos Feltrin, M. Carvalho da Rocha, A. Passaglia Schuch & M. Beux dos Santos. 2018. Interspecific amplexus between two treefrogs of the genus *Boana* Gray, 1825 (Anura: Hylidae) in captivity: male-female and male-male pairings. *Herpetology Notes* 11:413-415.
- Leenders, T. 2001. *A guide to amphibians and reptiles of Costa Rica*. Zona Tropical, Miami, Florida, United States.
- Luría Manzano, R. & F.G. Vázquez Córzas. 2011. *Ecnomiohyla miotympanum* (Small-eared Treefrog) and *Charadrahyla taeniopus* (Porthole Treefrog). Reproductive behavior. *Herpetological Review* 42:85.
- Lyakurwa, J.V. 2019. *Leptopelis flavomaculatus* (Brown-backed Tree Frog). Interspecific amplexus. *Herpetological Review* 50:760-761.
- Marchant, D.B., T. Herman & A.C. Stein. 2015. *Agalychnis callidryas* (Red-eyed Tree Frog) and *Cruziohyla calcarifer* (Splendid Leaf-frog). Reproductive behavior. *Herpetological Review* 46: 229.
- Mollov, I.A., G.S. Popgeorgiev, B.Y. Naumov, N.D. Tzankov & A.Y. Stonyanov. 2010. Cases of abnormal amplexus in anurans (Amphibia: Anura) from Bulgaria and Greece. *Biharean Biologist* 4:121-125.
- Oliver López, L., G. A. Woolrich Piña & J. A. Lemos Espinal. 2009. La familia Bufonidae en México. Universidad Nacional Autónoma de México-CONABIO. México, D.F.
- Sandoval, L., G. Barrantes, D. Ocampo & C. Sánchez-Quirós. 2015. Sexual size dimorphism and acoustical features of the preadvertisement and advertisement calls of *Rhinophrynus dorsalis* Duméril & Bibron, 1841 (Anura: Rhinophrynidae). *Mesoamerican Herpetology* 2:154-166.
- 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, United States.
- Simović A., N. Anderson, M. Anćelković, S. Gvozdenović & S. Đorđević. 2014. Unusual amplexuses between anurans and caudates. *Herpetology Notes* 7:25-29.
- Vásquez-Cruz, V., L. Canseco-Márquez & E.M. Pérez-Gámez. 2019. Two incidents of heterospecific amplexus involving Mexican Treefrogs (*Smilisca baudini*), a Rio Grande Leopard Frog (*Lithobates berlandieri*), and a Morelet's Leaf Frog (*Agalychnis moreletii*) (Amphibia: Anura: Hylidae, Ranidae, and Phyllomedusidae). *IRCF Reptiles & Amphibians* 26: 140-141.
- Wells, K.D. 2007. *The ecology and behavior of amphibians*. Chicago, USA, University of Chicago Press.



# AN ADULT MALE *BASILISCUS PLUMIFRONS* COPE, 1875 WITHOUT AN ARM SURVIVES IN THE TROPICAL RAIN FOREST OF COSTA RICA

UN MACHO ADULTO DE *BASILISCUS PLUMIFRONS* COPE, 1875 SIN UN BRAZO SOBREVIVE EN EL BOSQUE TROPICAL DE COSTA RICA

JOSÉ M. MORA<sup>1\*</sup>, LUCÍA I. LÓPEZ<sup>2</sup> & NARÓN CAMPOS LORÍA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Carrera de Gestión Ecoturística, Sede Central, Universidad Técnica Nacional, Alajuela y Maestría en Desarrollo Sostenible, Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica, San Ramón, Costa Rica.

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

<sup>3</sup>Carrera de Producción Animal, Universidad Técnica Nacional. Sede Atenas, Costa Rica.

\*Correspondence: josemora07@gmail.com

**Resumen.**— El basilisco verde (*Basiliscus plumifrons*) es una lagartija centroamericana de moderado tamaño que habita desde Honduras hasta Panamá. La especie es principalmente arborícola, pero también percha en troncos, rocas y arbustos. Esta lagartija se alimenta de invertebrados, vertebrados pequeños, flores y frutas. El 23 de junio de 2019 a las 0932 h, en el Parque Nacional Cahuita en el Caribe de Costa Rica, observamos un basilisco verde que no tenía su extremidad delantera izquierda. El individuo solo tenía un pequeño muñón bien cicatrizado. En esta nota reportamos este caso y discutimos algunas implicaciones relacionadas a la pérdida y regeneración de apéndices en reptiles.

**Palabras clave.**— manco, anomalía, cicatrices, extremidades, lagartijas.

**Abstract.**— The Green Basilisk (*Basiliscus plumifrons*) is a moderate-sized Central American lizard that is distributed from Honduras to Panama. The species is mainly arboreal, although it also perches on trunks, rocks and bushes. This lizard feeds on invertebrates, small vertebrates, flowers and fruits. On 23 June 2019 at 0932 a.m., at Cahuita National Park in the Caribbean of Costa Rica, we observed a Green Basilisk that did not have its left front limb. The individual had only one small, scarred rod like appendage. In this note we report this case and discuss some implications related to appendage loss and regeneration in reptiles.

**Keywords.**— one-armed, anomaly, limbs, lizards, scarring.

Morphological deformities such as osteological malformations of several types and anomalies are found in natural populations of reptiles in several areas of the planet (e.g. Raynaud, 1990; Norval et al., 2009; Cortada et al., 2017; Kolenda et al., 2017; Christopoulos & Pafilis, 2020). Among them are appendage loss that reptiles are not able to regenerate. The possible causes of appendage loss or anomalies vary depending of the type of each one of these. There are many reports on tail loss and regeneration of this, or tail anomalies on lizards. Less common are limb malformations or limb loss. Appendage regeneration in reptiles is usually restricted to the replacement of the tail, basically in lizards that can self-amputate it (autotomy) as a defensive behavior (Clause & Capaldi, 2006; Cortada et al., 2017). Some of these lizards can regrow the tail after amputation but they fail to achieve a functional restoration of lost limbs (Alibardi, 2017 a). Basically there are not cases of limb regeneration in lizards (Galis et al., 2003). Amputation without regeneration

is far more common in these reptiles (Cortada et al., 2017). Lizards cannot regenerate limbs because they are intolerant to embryonic antigens, including those of newly reformed embryonic cells after wounding and healing, so consequently they are biologically unfit to regenerate limbs (Alibardi, 2017 b). However, limb regeneration in lizards is to some extent possible in experimental conditions, especially regarding stylo- and zeugopodium (Alibardi, 2017 b; Kolenda et al., 2017).

The Green Basilisk (*Basiliscus plumifrons* Cope, 1875) is a medium size lizard with a standard length in adult males of 122 to 250 mm, and 146 to 174 mm for females (Savage, 2002). Males can exceed 900 mm in total length (Leenders, 2019), although its tail may constitute 72 to 75% of total length (Savage, 2002). This lizard is widely distributed in the humid lowlands on the Caribbean versant from eastern Honduras to western Panama, and the Golfo Dulce region of Pacific southwestern Costa Rica

and adjacent Panama (Savage, 2002). It is found from sea level to 780 m elevation (Leenders, 2019). This lizard feeds on invertebrates and vertebrates, but it also consumes flowers and fruits (Savage, 2000). Adults are largely arboreal (McCranie, 2018), they are adept climbers, and often are found high up in trees (Leenders, 2019). The Green Basilisk generally perches on logs, rocks, and bushes, and it is often found along river banks (Leenders, 2019). This is a fairly common species in many parts of its range and there are several studies about its biology, yet nothing has been published regarding limb anomalies in *B. plumifrons*. We report here a case of a Green Basilisk without an arm by unknown causes.

The basilisk was observed in a well-preserved tropical forest in the Cahuita National Park, Limón Province, Costa Rica (9°43'03" N; 82°49'09" W), and at an elevation of about 26 m. This locality is within Humid Tropical Forest (Holdridge, 1967). We found the lizard while conducting a fieldtrip with a group of students on 23 June 2019 at 0932 h. The lizard had a severely defective left forelimb. It looks like a short, rod-like appendage, just a section of stylopodium, without any zeugopodium or autopodium (Fig. 1). Its scalation was basically normal, and based on this, it seemed the arm was amputated and then the remain healed without any inconvenience. The male is an adult observed while perched on vegetation about 4 m above ground in a flooded area.



**Figura 1.** Individuo macho de basilisco verde (*Basiliscus plumifrons*) sin el brazo izquierdo en el Parque Nacional Cahuita, Costa Rica. Foto: José M. Mora

**Figure 1.** Green basilisk (*Basiliscus plumifrons*) male without the left forelimb at Cahuita National Park, Costa Rica. Photo: José M. Mora.

Unfortunately, the cause of the amputation or deformity in this basilisk is unknown. The area where it was observed is a mature forest, well preserved, covered by pristine vegetation, where many other species of lizards are found. The appendage looks stiff but it is unknown if it is used for body support during locomotion, or any other activity, even that it looks as supported by bone. Despite the anomaly, the observed basilisk looks in good health and its condition did not hinder its mobility, it escaped fast when we approached. While the etiology of this anomaly is unknown, it does not seem to be any ontogenic malformation or related to environmental origin. It is known that chemicals may cause numerous anomalies in developing lizard embryos (Raynaud, 1990).

The absence of at least some parts of the limb is denominated ectomely, especially when the parts are the most distal ones (Kolenda et al., 2017). If the whole limb is absent it is called amely, or hemimely if the limbs, especially their distal parts, are defective, and meromely if only the digits are missing (Kolenda et al., 2017). Thus, the condition of this basilisk can be classified as amely. While we cannot be certain about the cause of the observed anomaly, there was not any regeneration of the appendage, even that some kind of regeneration has been observed in lizards (Alibardi, 2017 b). Although it is unclear what caused this condition, it seems more related to predation attempts or something similar, not to any developmental anomaly. We think this because of the scarring that can be appreciated on figure 1. Limb amputation in this basilisk was most likely suffered when it was still a juvenile and it could have been due to an episode of conspecific aggression. Regeneration is limited in lizards because the amniotes evolved an efficient body that when injuries occurred they tend to rapidly isolate the microbial invasion through scarring (Ferguson & O'Kane, 2004; Alibardi 2017c). It seemed that the limb lost by this basilisk did not decrease its mobility because after our observation it moved agilely on the branches and run out of sight without a problem.

**Agradecimientos.**— We thank the Carrera de Gestión Ecoturística (GEC), Sede Central, Universidad Técnica Nacional for funding our trip to the Caribbean lowlands of Costa Rica and Emilce Rivera, GEC director, for provide time to work on this paper.

## CITED LITERATURE

Alibardi, L. 2017 a. Cell proliferation in the amputated limb of lizard leading to scarring is reduced compared to the regenerating tail. *Acta Zoologica* 98:170-180.

- Alibardi, L. 2017 b. FGFs treatment on amputated lizard limbs stimulate the regeneration of long bones, opening new avenues for limb regeneration in amniotes: a morphological study. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology* 25:1-18.
- Alibardi, L. 2017c: Review: Biological and molecular differences between tail regeneration and limb scarring in lizard: an inspiring model addressing limb regeneration in amniotes. *Journal of Experimental Zoology B: Molecular and Developmental Evolution* 328B:493-514.
- Christopoulos, A. & P. Pafilis. 2020. Hindlimb malformation in a widely distributed skink, *Chalcides ocellatus*. *Herpetology Notes* 13:15-17.
- Clause, A.R. & E.A. Capaldi. 2006. Caudal autotomy and regeneration in lizards. *Journal of Experimental Zoology* 305A:965-973.
- Cortada, À., A. Kaliontzopoulou, J. Mendes & M.A. Carretero. 2017. A case of limb regeneration in a wild adult *Podarcis lilfordi* lizard. *Turkish Journal of Zoology* 41:1069-1071.
- Ferguson, M.W.J. & S. O'Kane. 2004. Scar-free healing: from embryonic mechanisms to adult therapeutic intervention. *Philosophical Transactions Royal Society London B* 359:839-850.
- Galis, F., G.P. Wagner & E.L. Jockusch. 2003. Why is limb regeneration possible in amphibians but not in reptiles, birds, and mammals? *Evolution & Development* 5:208-220.
- Holdridge, L. 1967. *Life Zone Ecology*. Tropical Science Center, San José, Costa Rica.
- Kolenda, K., M. Wieczorek, A. Najbar, B. Najbar & T. Skawiński. 2017. Limb malformation and tail bifurcation in sand lizards (*Lacerta agilis*) and common lizards (*Zootoca vivipara*) from Poland. *Herpetology Notes* 10:713-716.
- Leenders, T. 2019. *Reptiles of Costa Rica a Field Guide*. Zona Tropical, Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.
- McCranie, J.R. 2018. *The Lizards, Crocodiles, and Turtles of Honduras Systematics, Distribution, and Conservation*. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, Special Publications Series, No. 2, Harvard University, Cambridge, Massachusetts, USA.
- Norval, G., J.J., Mao, C.R. Bursey & S.R. Goldberg. 2009. A deformed hind limb of an invasive free-living brown anole (*Anolis sagrei* Duméril & Bibron, 1837) from Hualien City, Taiwan. *Herpetology Notes* 2:219-221.
- Raynaud, A. 1990. Developmental mechanism involved in the embryonic reduction of limbs in reptiles. *International Journal of Developmental Biology* 34:233-243.
- 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.



# REGISTROS DE CONSUMO DE REPTILES (SQUAMATA: LACERTILIA Y SERPENTES) POR AVES DE PRESA DIURNAS (AVES: ACCIPITRIFORMES Y CATHARTIFORMES) EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, MÉXICO

RECORDS OF CONSUMPTION OF REPTILES (SQUAMATA: LACERTILIA Y SERPENTES) BY DIURNAL BIRDS OF PREY (AVES: ACCIPITRIFORMES Y CATHARTIFORMES) IN THE YUCATÁN PENINSULA, MEXICO

PEDRO E. NAHUAT-CERVERA<sup>1,2\*</sup>, J. RIZIERI AVILÉS-NOVELO<sup>2</sup>, ISMAEL ARELLANO-CIAU<sup>3</sup>, LUIS G. TRINCHAN-GUERRA<sup>4</sup> & EYDER JOEL PACAB-COX<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Ekuneil Península de Yucatán. Calle 52 por 89 y 93, colonia Centro, C.P. 97000, Mérida, Yucatán, México.

<sup>2</sup>Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán, Km 15.5. carr. Mérida-Xmatkuil, C.P.97315. Mérida, Yucatán, México,

<sup>3</sup>Ichi Tours, calle 38 por 37, número 180, Colonia centro, C.P. 97780. Valladolid, Yucatán, México.

<sup>4</sup>Calle 47, Lote 6, Colonia Leandro Valle, C.P.97144. Mérida, Yucatán, México.

<sup>5</sup>Campus de Ciencias Sociales, Económico-Administrativas y Humanidades, Universidad Autónoma de Yucatán, Gran San Pedro Cholul, C.P. 97305, Mérida. Yucatán, México.

\*Correspondencia: pedro.nahuat4@gmail.com

**Abstract.**— Reptiles are an important group in food chains, being predators and preys. Birds of prey or raptors are recognized as a group that takes advantage of amphibians and reptiles as a source of food, with some species of raptors with high preference for reptiles. In this study we report eight cases of predation of reptiles by raptors in different geographical locations of the Yucatán Peninsula.

**Keywords.**— Diet, iguanas, lizards, raptors, snakes.

**Resumen.**— Los reptiles son un grupo importante en las cadenas alimenticias, desarrollando tanto el papel de depredadores como de presas. Las aves de presa o rapaces están reconocidas como un grupo que aprovecha a los anfibios y reptiles como fuente de alimento, encontrándose algunas especies de rapaces con alta preferencia a este grupo. En este estudio se reportan ocho casos de depredación de reptiles por aves rapaces en diferentes localidades geográficas en la Península de Yucatán.

**Palabras clave.**— Aves rapaces, dieta, lagartijas, iguanas, serpientes.

La depredación tiene un rol fundamental en muchas interacciones comunitarias dentro del ecosistema, presentando relación entre el número de depredadores y la velocidad con la que cazan y consumen a la presa, con la fuerza de la interacción (Miller et al., 2006). Estas interacciones tienen influencia en la supervivencia y reproducción, así como en aspectos morfológicos, fisiológicos, evolutivos y etológicos del depredador y la presa (Fernández-Arhex & Corley, 2004); sin embargo, las observaciones de los eventos de depredación en campo se consideran poco frecuentes, encontrando estudios enfocados en ciertas especies de aves o reptiles (Poulin et al., 2001).

Los reptiles forman parte importante de la dieta de ciertas especies de aves rapaces, como el Gavilán de Cooper (*Accipiter*

*cooperii*), la Aguililla aura (*Buteo albonotatus*), la Aguililla de Swainson (*Buteo swainsoni*), el Halcón reidor (*Herpetotheres cachinnans*) y la Aguililla caminera (*Rupornis magnirostris*), las cuales aprovechan frecuentemente a este grupo como fuente de alimento (Álvarez-del Toro, 1974; Hiraldo et al., 1991; Rodríguez-Estrella, 2000; Pough et al., 2004; Lazcano et al., 2017), por lo cual este grupo se consideran un componente de las cadenas alimenticias, impactando en la transferencia de energía y nutrientes, y la existencia de ecosistemas saludables (Vitt & Caldwell, 2009; Luna-Reyes et al., 2013; Valencia-Aguilar et al., 2013).

Aunado al escaso conocimiento de las aves rapaces en el continente americano (Thorstrom, 2000), son escasos los

registros detallados de los eventos de depredación de reptiles por aves de presa, especialmente en ecosistemas tropicales (Poulin et al., 2001; Miller et al., 2006), por lo que documentar observaciones de esta índole contribuye a generar información relacionada a la historia natural de ambos grupos de vertebrados, útil para comprender mejor diferentes aspectos de su biología e importancia ecológica en el ecosistema (Vitt & Caldwell, 2009).

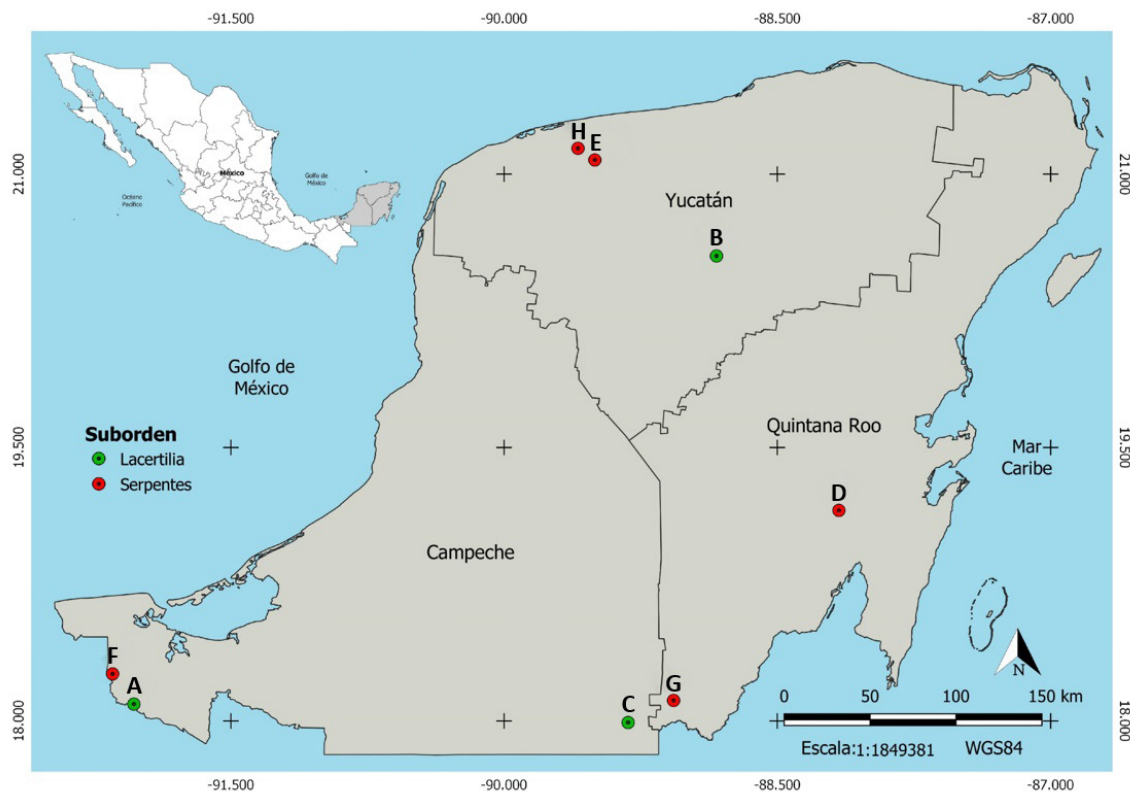
En este escrito, se reportan ocho registros ocasionales de consumo de reptiles (Squamata: Lacertilia y Serpentes) por aves rapaces diurnas (Aves: Accipitriformes y Cathartiformes) en diferentes localidades de la Península de Yucatán, México. Las especies de aves y reptiles fotografiadas se identificaron mediante literatura especializada (Lee, 2000; Clark & Schmitt, 2017) y se tomaron coordenadas geográficas del sitio de la

observación, utilizando el sistema geodésico WGS 84, las cuales se encuentran plasmadas en la figura 1. Para los reptiles se siguió la nomenclatura propuesta por González-Sánchez et al. (2017) para la herpetofauna de la Península de Yucatán, mientras que, para las aves, se siguió el listado de las Aves de México de Berlanga-García et al. (2017). Con el fin de una mejor organización, se dividieron las observaciones en dos grupos correspondientes al de las iguanas y lagartijas (Squamata: Lacertilia), y las serpientes (Squamata: Serpentes).

## LACERTILIA

### Observación 1

Iguana negra de cola espinosa (*Ctenosaura similis*) consumida por Zopilote sabanero (*Cathartes burrovianus*) y Aguilla cola blanca



**Figure 1.** Localities of records of reptile consumption by diurnal birds of prey in the Yucatan Peninsula, Mexico: A) *Cathartes burrovianus* and *Geranoaetus albicaudatus* consuming the body of *Ctenosaura similis*; B) *Buteo albonotatus* consuming *Laemantus serratus*; C) *Buteo plagiatus* preying on *Holcosus hartwegi*; D) *Rupornis magnirostris* preying on *Leptodeira septentrionalis*; E) *Conopsis lineatus*; F) *Thamnophis proximus*; G) *Buteogallus urubitinga* consuming *Leptophis mexicanus*; H) *Buteo jamaicensis* preying on *Stenorrhina freminvillii*. (Registered letters in the map correspond to the letters of the next figures).

**Figura 1.** Localidades con registros de consumo de reptiles por aves de presa diurnas en la Península de Yucatán, México: A) *Cathartes burrovianus* y *Geranoaetus albicaudatus* aprovechando el cadáver de *Ctenosaura similis*; B) *Buteo albonotatus* consumiendo un *Laemantus serratus*; C) *Buteo plagiatus* depredando un *Holcosus hartwegi*; D) *Rupornis magnirostris* depredando a *Leptodeira septentrionalis*; E) *Conopsis lineatus*; F) *Thamnophis proximus*; G) *Buteogallus urubitinga* consumiendo a *Leptophis mexicanus*; H) *Buteo jamaicensis* depredando a *Stenorrhina freminvillii*. (Las letras que están registrados en el mapa corresponden a las letras de las siguientes figuras).

(*Geranoaetus albicaudatus*). Municipio de Candelaria, Campeche, México (18°05'30.50" N, 92°01'57.50" O; 06 msnm). Potrero con remanentes de vegetación secundaria.

El 6 de marzo de 2019 a 16:20 h se observó el cadáver de un ejemplar adulto de *Ctenosaura similis*, presuntamente atropellado, sobre la carretera que conecta las comunidades de San Marcos y Palizada, Campeche. El cadáver era devorado por un ejemplar adulto de *Cathartes burrovianus*. Al acercarnos, el zopilote voló al lado del camino cargando en el pico el cadáver de la iguana para continuar alimentándose del cuerpo. Minutos después llegó un ejemplar adulto de *G. albicaudatus*, que ahuyentó al zopilote y comenzó a alimentarse del cadáver de la iguana. Posteriormente, el aguililla tomó los restos de la iguana con el pico y voló al interior de la vegetación (Fig. 2A). *Ct. similis* se identificó por tener un cuerpo robusto, una cola larga con escamas similares a espinas, y una coloración grisácea. *C. burrovianus* se identificó por su gran tamaño y su plumaje negro, tener una cabeza desnuda de color rojo con tonalidades amarillentas, azules y naranjas, mientras que *Geranoaetus albicaudatus* posee una coloración gris oscuro en el dorso y la cabeza, mientras que el vientre y el pecho es blanco y las patas amarillas.

## Observación 2

Tolope coronado (*Laemantus serratus*) depredado por Aguililla Aura (*Buteo albonotatus*). Municipio de Yaxcabá, Yucatán, México. (20°33'03.31" N, 88°50'03.97" O; 30 msnm). Vegetación secundaria arbolada con remanentes de selva baja subcaducifolia.

Este evento ocurrió el 28 de abril del 2019 a las 15:47 h. Se escuchó la vocalización de un ejemplar adulto de *Buteo albonotatus* que posteriormente se observó perchedo sobre una rama de un árbol de Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*) a una altura aproximada de ocho metros. El ave tenía capturado un ejemplar adulto de *Laemantus serratus*, el cual se observó parcialmente consumido. Al notar nuestra presencia, la aguililla detuvo su alimentación, actuó de manera nerviosa y pocos segundos después emprendió el vuelo (Fig. 2B), desapareciendo entre los árboles de los alrededores del sitio de la observación. *L. serratus* se identificó debido a la coloración verde del cuerpo y la cola larga y delgada, características que no presenta otra especie de lagartija de la región, mientras que *B. albonotatus* presenta patas amarillas, alas largas y delgadas con coloración oscura en las plumas cobertoras y tonalidades más claras en las plumas primarias, secundarias y terciarias, y una cola larga y angosta con bandas blancas.

## Observación 3

Ameiva de Hartweg (*Holcosus hartwegi*) consumido por Aguililla gris (*Buteo plagiatus*). Los Tambores de Emiliano Zapata, Municipio de Calakmul, Campeche, México (17°59'27.15" N; 89°19'09.97" O; 163 msnm). Vegetación de selva mediana subcaducifolia y vegetación secundaria.

El 29 de febrero de 2020 a las 11:45 h se observó a un ejemplar adulto de *Buteo plagiatus* sobrevolando la carretera que dirige hacia la comunidad de Los Tambores de Emiliano Zapata, en dirección de sur a norte. El ave mantenía apresado con su pico a una lagartija de tamaño mediano (Fig. 2C), la cual, por la forma de la cabeza, el hocico puntiagudo y el tamaño del cuerpo se identificó como un ejemplar adulto perteneciente al género *Holcosus*, que por distribución se consideró *H. hartwegi* (Meza-Lázaro & Nieto-Montes de Oca, 2015). Esta observación duró escasos segundos ya que el ave se alejó volando de nosotros hacia una zona arbolada al otro lado de la carretera. *B. plagiatus* se identificó por su coloración gris pálido con un fino patrón barrado en el pecho, mientras que en la cola posee bandas blancas y negras.

## SERPENTES

### Observación 1

Culebra ojo de gato nortea (*Leptodeira septentrionalis*) consumida por Aguililla caminera (*Rupornis magnirostris*). Noh Bec, municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo, México (19°09'17.26" N, 88°09'44.68" O; 25 msnm). Selva mediana subcaducifolia.

La observación ocurrió el 5 de mayo de 2018 a las 08:45 h. Se observó un ejemplar adulto de *R. magnirostris* posado en el suelo. Al percatarse de nuestra presencia, la rapaz emprendió vuelo hacia un árbol cercano, perchándose en una de sus ramas, en donde se observó que tenía capturada entre las patas un ejemplar adulto de *Leptodeira septentrionalis* (Fig. 2D). El ave se mantuvo perchada durante unos minutos para posteriormente emprender vuelo, con la serpiente entre sus garras. *L. septentrionalis* se identificó debido al cuerpo largo y esbelto, cabeza diferenciada del cuerpo por un cuello notorio y patrón de manchas irregulares de coloración oscura, mientras que *R. magnirostris* se identificó por los ojos amarillo claro, patas largas amarillas, y coloración grisácea con estrías café oscuro.

### Observación 2

Culebra guardacaminos (*Conophis lineatus*) depredada por *R. magnirostris*. Municipio de Conkal, Yucatán, México (21°04'40.16"

'N; 89°30'07.36" O; 12 msnm). Vegetación secundaria con remanentes de selva baja caducifolia.

El 19 de septiembre de 2018 a las 08:30 h se observó un ejemplar juvenil de *R. magnirostris* perchedo en las ramas de un árbol seco, a aproximadamente cinco metros de altura. Pocos segundos después de observarlo, este ejemplar voló hacia el suelo y capturó un ejemplar adulto de *C. lineatus*. Al capturar la serpiente, el ave se perchedo en un tronco seco a aproximadamente 1.5 m de altura, donde mantuvo a la serpiente capturada entre sus patas (Fig. 2E). El ave utilizó su pico para tomar la cabeza de la serpiente e iniciar su ingesta. Alrededor de seis minutos después de la captura, el ave devoró completamente a la serpiente. *Conophis lineatus* se identificó por un cuerpo largo y esbelto, líneas oscuras a los lados de la cabeza y una coloración café claro uniforme en el resto del cuerpo.

### Observación 3

Culebra de agua (*Thamnophis proximus*) y *R. magnirostris*. Municipio de Palizada, Campeche, México (18°15'26.38" N; 92°08'57.54" O; 03 msnm). Potreros con remanentes de vegetación secundaria y vegetación ribereña.

La observación ocurrió el 16 de febrero de 2019 a las 09:32 h. Se observó a un individuo adulto de *R. magnirostris* perchedo en el poste de una cerca, junto a un camino de terracería. El ave tenía entre sus garras a un ejemplar adulto de *Thamnophis proximus*, el cual había capturado unos minutos antes. La rapaz justo había devorado la cabeza de la serpiente, mientras que el resto del cuerpo continuaba moviéndose fuertemente (Fig. 2F). Esta interacción se observó durante aproximadamente 10 minutos, tiempo en el que el ave no se alimentó de la serpiente y se notó nerviosa de nuestra presencia. La serpiente eventualmente redujo la fuerza de sus movimientos, hasta quedarse completamente inmóvil. Se abandonó la escena para evitar perturbar en mayor medida la interacción entre ambas especies. *T. proximus* se identificó por el cuerpo largo y esbelto, y el patrón conformado por una línea vertebral amarillo claro y líneas amarillo verdoso a los costados.

### Observación 4

Culebra perico mexicana (*Leptophis mexicanus*) consumida por Aguililla negra mayor (*Buteogallus urubitinga*). Tres Garantías, municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo, México (18°06'42.36" N, 89°04'11.55" O; 132 msnm). Vegetación de tipo selva mediana subcaducifolia.

El 26 de julio de 2019 a las 7:35 h se observó al ejemplar adulto de *Buteogallus urubitinga* perchedo entre las ramas de un árbol de tamaño mediano, a una altura aproximada de 9 m, cerca de

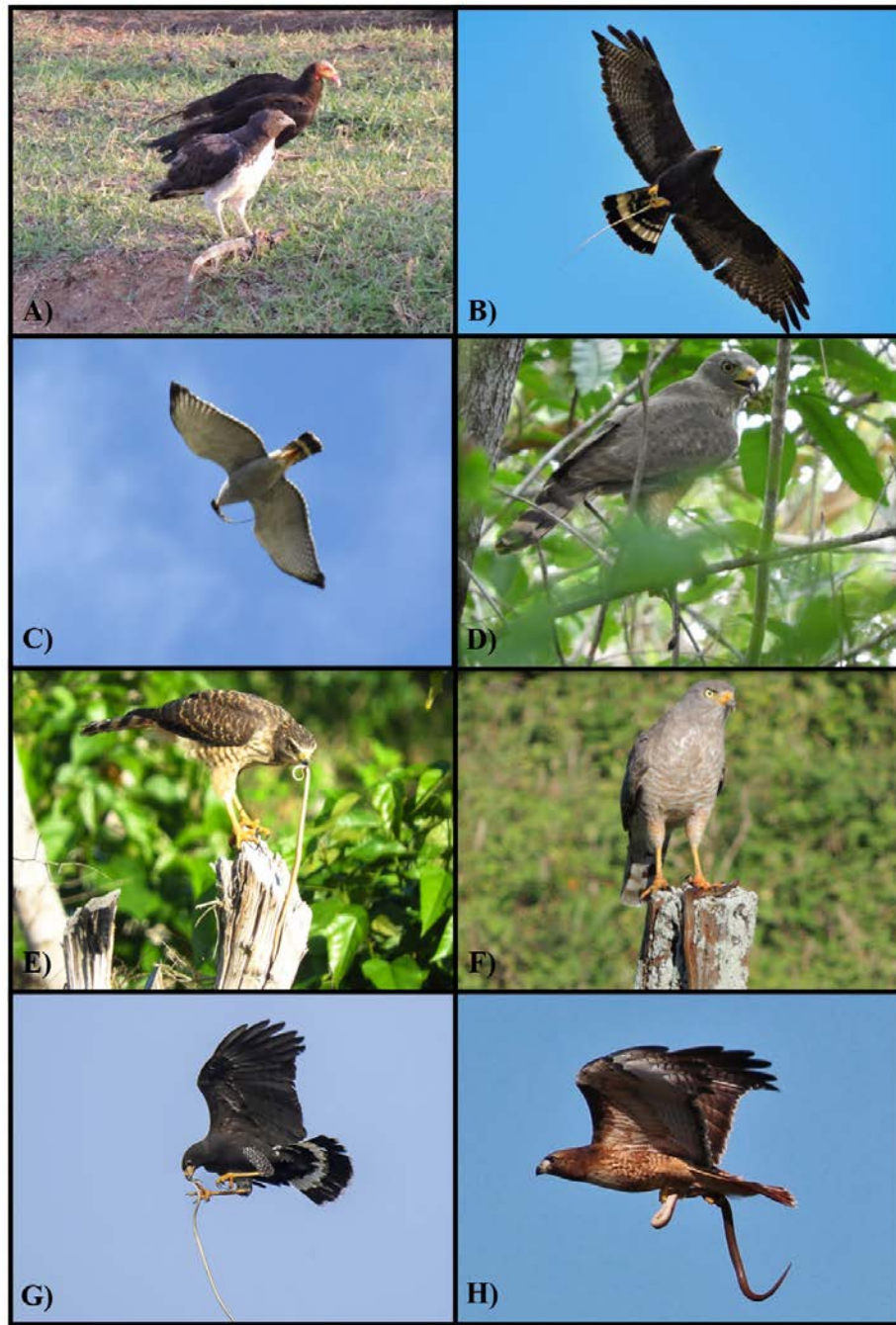
un camino de terracería. El ave tenía capturada con sus patas a un ejemplar adulto de *Leptophis mexicanus*, que realizaba movimientos fuertes para tratar de escapar. Pocos segundos después de la primera observación, el ave ésta tomó con su pico a la serpiente, aún viva, y emprendió el vuelo hacia el otro lado del camino (Fig. 2G), donde había una mayor cantidad de vegetación selvática. Después de esto, no se pudo observar de nuevo a los dos individuos por lo denso de la vegetación. *L. mexicanus* se identificó por su cuerpo largo y delgado, la coloración dorsal café verdoso y la coloración ventral blanco crema. *B. urubitinga* se identificó por su tamaño grande, plumaje oscuro, patas largas y amarillas, manchas blancas en los muslos y cola larga con dos bandas blancas.

### Observación 5

Culebra alacranera de sangre (*Stenorrhina freminvillii*) depredada por Aguililla cola roja (*Buteo jamaicensis*). Misnebalam, municipio de Progreso, Yucatán, México (21°09'08.28" N; 89°36'52.65" O; 08 msnm). Selva baja caducifolia con parches de vegetación secundaria.

El 05 de diciembre de 2019 a las 10:30 am se observó un ejemplar adulto de *Buteo jamaicensis* percheda sobre un árbol a una altura aproximada de 6 m sobre el suelo. Al notar nuestra presencia, el ave emprendió vuelo, evidenciando una serpiente que tenía capturada entre sus patas, la cual se identificó como un ejemplar adulto de *Stenorrhina freminvillii* (Fig. 2H). El ave continuó su vuelo hasta perderse entre la vegetación aledaña al sitio donde se realizó la primera observación. *S. freminvillii* se identificó por presentar un cuerpo corto y moderadamente robusto, cola corta, una coloración café claro uniforme en el dorso y un vientre blanco crema, mientras que *B. jamaicensis* presentó la cabeza oscura, el pecho claro con un patrón barrado oscuro, alas anchas y cola con coloración rojiza.

El aprovechamiento de reptiles por parte de las aves rapaces se puede explicar debido a que, en comparación de los mamíferos y las aves, algunos reptiles, como las serpientes, probablemente sean presas más sencillas de capturar, representando un menor desgaste energético para las aves de presa, debido a que en zonas con alta abundancia de roedores se tiene registro de aves de presa cazando serpientes con elevada frecuencia (Selas, 2001). En la Reserva de la Biósfera Michilía, en Durango se registró que alrededor del 20% de las presas de *Buteo albonotatus* fueron reptiles, siendo principalmente especies de lagartijas diurnas del género *Sceloporus* (Hiraldo et al., 1991), mientras que, en Guatemala, se registró que entre el 87.9% y 100% de la dieta de *Herpetotheres cachinnans* se compone de reptiles, con preferencia hacia las serpientes (Parker et al., 2012).



**Figure 2.** Records of reptile consumption by birds of prey in the Yucatan Peninsula: A) *Cathartes burrovianus* and *Geranoaetus albicaudatus* consuming the body of an adult specimen of *Ctenosaura similis*; B) *Buteo albonotatus* with the partially consumed body of *Laemactus serratus*; C) *Buteo plagiatus* predating an adult specimen of *Holcosus hartwegi*; D) *Rupornis magnirostris* preying on *Leptodeira septentrionalis*; E) *Conopsis lineatus*; F) *Thamnophis proximus*; G) *Buteogallus urubitinga* preying on *Leptaphis mexicana*; H) *Buteo jamaicensis* preying on adult *Stenorrhina freminvillii*. Photos by Ismael Arellano-Ciau (A y F), Eyder Joel Pacab-Cox (B), J. Rizieri Avilés Novelo (C), Luis G. Trinchan Guerra (D y E), Rolando Pasos Pérez (G) y Nimish Khanolkar (H).

**Figure 2.** Registros de consumo de reptiles por aves rapaces en la Península de Yucatán: A) *Cathartes burrovianus* y *Geranoaetus albicaudatus* aprovechando el cadáver de un ejemplar adulto de *Ctenosaura similis*; B) *Buteo albonotatus* con el cuerpo parcialmente consumido de *Laemactus serratus*; C) *Buteo plagiatus* depredando un ejemplar adulto de *Holcosus hartwegi*; D) *Rupornis magnirostris* depredando *Leptodeira septentrionalis*; E) *Conopsis lineatus*; F) *Thamnophis proximus*; G) *Buteogallus urubitinga* depredando a *Leptaphis mexicana*; H) *Buteo jamaicensis* depredando un ejemplar adulto de *Stenorrhina freminvillii*. Fotografías por Ismael Arellano-Ciau (A y F), Eyder Joel Pacab-Cox (B), J. Rizieri Avilés Novelo (C), Luis G. Trinchan Guerra (D y E), Rolando Pasos Pérez (G) y Nimish Khanolkar (H).

Algunas de las especies de aves reportadas en este escrito han sido previamente observadas aprovechando reptiles dentro de su dieta. *Buteogallus urubitinga* se ha registrado consumiendo lagartijas y serpientes venenosas y no venenosas; *Rupornis magnirostris* se alimenta frecuentemente de anfibios y reptiles, siendo registrada alimentándose de crías de *Crocodylus acutus* y *C. moreletii*; *Geranoaetus albicaudatus* incluye comúnmente a los reptiles en su dieta; y *Cathartes burrovianus* se ha observado alimentándose de lagartijas y serpientes, (Álvarez-del Toro, 1974; Clark & Schmitt, 2017; Aragao et al., 2020; Da Silva Lucas et al., 2020). Pese a esto, es importante documentar estas interacciones depredador-presa para futuros estudios ecológicos enfocados en las especies mencionadas, ya que las observaciones de historia natural obtenidas durante el trabajo de campo pueden ser consideradas un punto de partida para futuros estudios científicos (Greene, 2005).

En nuestro conocimiento, estas observaciones representan las primeras interacciones documentadas entre las especies de depredador-presa mencionadas en este escrito, por lo que contribuyen al conocimiento de la historia natural de ambos grupos de vertebrados y reflejan la importancia de los reptiles en la dieta de las aves de presa y en las cadenas tróficas de los ecosistemas. Estas interacciones aportan información para el planteamiento de futuras investigaciones enfocadas en conocer aspectos biológicos y ecológicos entre los reptiles y las aves de presa en la Península de Yucatán.

**Agradecimientos.**— Agradecemos a Rodrigo U. López Valdés, Rolando Pasos Pérez, Ramón Souza Perera, Nimish Khanolkar, Enrique Platas Acosta, Paul Martínez-Córdova y Antonio Granados-Castillo por su valiosa ayuda y asistencia durante el trabajo de campo.

## LITERATURA CITADA

- Álvarez-del Toro, M. 1974. Los Crocodylia de México. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables A.C, México.
- Aragao, M., E.L. Da Silva Brito, A.M. Da Silva Neto, D.M. De Mello Mendes & R. Sobral. 2020. *Tropidurus hispidus* (Neotropical Lava Lizard). Predation. Natural History Notes. Herpetological Review 51:135-136.
- Berlanga-García, H., H. Gómez de Silva, V.M. Vargas-Canales, V. Rodríguez-Contreras, L.A. Sánchez-González, R. Ortega-Álvarez & R. Calderón-Parra. 2017. Aves de México. Lista actualizada de especies y nombres comunes. Comisión Nacional para el
- Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Distrito Federal, México.
- Clark, W.S. & N.J. Schmitt. 2017. Raptors of Mexico and Central America. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- Da Silva Lucas, P., A. Gomes Poubel & C.R. Ruiz-Miranda. 2020. *Micrurus corallinus* (Painted Coral Snake). Predation. Natural History Notes. Herpetological Review 51:148-149.
- Fernández-Arhex, V. & J.C. Corley. 2004. La respuesta funcional: una revisión y guía experimental. Ecología Austral 14:83-93.
- Greene, H.W. 2005. Organisms in nature as a central focus for biology. Trends in Ecology and Evolution 20:23-27.
- Hirald, F., M. Delibes & J. Bustamante. 1991. Overlap in the diets of diurnal raptors breeding at the Michilía Biosphere Reserve, Durango, Mexico. The Journal of Raptor Research 25:25-29.
- Lazcano, D., E. Bailón-Cuellar, G. Ruiz-Ayma, R. Mercado-Hernández, B. Navarro-Velázquez, L.D. Wilson, G.L. Powell & A.P. Russell. 2017. Texas Horned Lizards (*Phrynosoma cornutum*) as prey in Swainson's Hawk (*Buteo swainsoni*) nest sites at La Reserva de la Biósfera de Janos, Chihuahua, México. Mesoamerican Herpetology 4:885-900.
- Lee, J.C. 2000. A field guide to the amphibians and reptiles of the Mayan world, The lowlands of Mexico, Northern Guatemala, and Belize. 1st Edition. Cornell University Press, New York, USA.
- Luna-Reyes, R., L. Canseco-Márquez & E. Hernández-García. 2013. Los reptiles. Pp. 319-328. En A. Cruz Angón, E.D. Melgarejo, F. Camacho Rico & K.C. Nájera Cordero (Eds.). La biodiversidad en Chiapas: Estudio de estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Gobierno del Estado de Chiapas, México.
- Meza-Lázaro, R.N. & A. Nieto-Montes de Oca. 2015. Long forsaken species diversity in the Middle American lizard *Holcosus undulatus* (Teiidae). Zoological Journal of the Linnean Society 175: 189-210.
- Miller, D.A., J.B. Grand, T.F. Fondell & M. Anthony. 2006. Predator functional response and prey survival: direct and indirect interactions affecting a marked prey population. Journal of Animal Ecology 75:101-110.

- Parker, M.N., A.M. Enamorado & M. Lima. 2012. Laughing Falcon. Pp. 265-280. En D.F. Whitacre (Eds.). Neotropical Birds of Prey. Biology and Ecology of a Forest Raptor Community. Cornell University Press, New York, USA.
- Pough, F.H., R.M. Andrews, J.E. Cadle, M.L. Crump, A.H. Savitzky & K.D. Wells. 2004. Herpetology. Third Edition. Pearson Prentice Hall, USA.
- Poulin, B., G. Lefebvre, R. Ibáñez, C. Jaramillo, C. Hernández & A. S. Rand. 2001. Avian predation upon lizards and frogs in a neotropical forest understory. *Journal of Tropical Ecology* 17:21-40.
- Rodríguez-Estrella, R. 2000. Breeding success, nest-site characteristics, and diet of the Swainson's hawk (*Buteo swainsoni*) in a stable population in northern México. *Canadian Journal of Zoology* 78:1052-1059.
- Selas, V. 2001. Predation on reptiles and birds by the common buzzard, *Buteo buteo*, in relation to changes in its main prey, voles. *Canadian Journal of Zoology* 79:2086-2093.
- Thorstrom, R. 2000. The food habits of sympatric forest-falcons during the breeding season in northeastern Guatemala. *Journal of Raptor Research* 34:196-202
- Valencia-Aguilar, A., A.M. Cortés-Gómez & C.A. Ruiz-Agudelo. 2013. Ecosystem services provided by amphibians and reptiles in Neotropical ecosystems. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management* 9:257-272.
- Vitt, L.J. & J.P. Caldwell. 2009. Herpetology. An introductory biology of amphibians and reptiles. Third edition. Academic Press, Elsevier Inc., USA.



NUEVOS REGISTROS DE PUESTAS DE HUEVOS DE LA RANITA DE CRISTAL NORTEÑA *HYALINOBATRACHIUM FLEISCHMANNI* (ANURA: CENTROLLENIDAE)NEW RECORDS OF OVIPOSITION SITES IN FLEISHMANN'S GLASS FROGS *HYALINOBATRACHIUM FLEISCHMANNI* (ANURA: CENTROLLENIDAE)

ERICK RODRIGO OCAÑA DÍAZ<sup>1,2</sup>, EMILIO ALFONSO SUÁREZ-DOMÍNGUEZ<sup>2</sup>, NAOMI LÓPEZ MENDOZA<sup>1</sup>, ORLANDO RAFAEL VIVANCO MONTANÉ<sup>1</sup> & EDGAR AHMED BELLO-SÁNCHEZ<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Biología del Comportamiento, Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana. Av. Luis Castelazo Ayala s/n, Col. Industrial Ánimas, Km. 3.5, carretera Xalapa-Veracruz, C.P. 91190, Xalapa, Veracruz, México.

<sup>2</sup>Museo de Zoología, Facultad de Biología-Xalapa, Universidad Veracruzana. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, C.P. 91090 Xalapa, Veracruz, México.

\*Correspondencia: ebello@uv.mx

**Abstract.**— We report the clutch size, as well as some aspects of the oviposition site and the development stage of the eggs of *Hyalinobatrachium fleischmanni* in central Veracruz.

**Keywords.**— Natural history, reproduction, tadpole, oviposition site, development stage.

**Resumen.**— En el presente estudio reportamos el tamaño de puesta, así como algunos aspectos del sitio de oviposición y del estadio de desarrollo de los huevos de la Rana de Cristal Norteña *Hyalinobatrachium fleischmanni* en una localidad de la región central de Veracruz.

**Palabras clave.**— Historia natural, reproducción, renacuajo, sitio de oviposición, estadio de desarrollo.

Las ranas de la familia Centrolenidae, comúnmente conocidas como ranas de cristal, son un grupo de anuros endémicos de la región tropical de América que se caracterizan por presentar una piel transparente en la región ventral a través de la cual pueden observarse los órganos internos (Cisneros-Heredia & McDiarmid, 2007). Son ranas de actividad nocturna y hábitos arborícolas, suelen encontrarse en vegetación riparia, lugar donde llevan a cabo su reproducción; los huevos son depositados en masas gelatinosas en el haz o el envés de las hojas, estas se encuentran suspendidas sobre ríos y arroyos de corriente moderada o rápida; después de la eclosión (la cual ocurre entre 8 y 21 días después de la oviposición), los renacuajos caen al cuerpo de agua para continuar con su desarrollo (Greer & Wells, 1980; Delia et al., 2010).

De las especies que integran esta familia, la Ranita de Cristal Norteña *Hyalinobatrachium fleischmanni*, es la única que se distribuye en México, y presenta registros en los estados de Oaxaca, Chiapas, Puebla, Morelos y Veracruz, aunque su distribución se extiende hasta el norte de Sudamérica en Colombia y Ecuador (García-Vázquez et al., 2009; Melgarejo-Veléz et al., 2010; AmphibiaWeb, 2020), en un gradiente altitudinal

que va desde el nivel del mar hasta los 2060 metros (Frost 2016; Rodríguez-Rojas & Marín-Pacheco, 2019). *H. fleischmanni* es una rana de talla pequeña (los machos miden 28 mm LHC, mientras que las hembras son ligeramente de mayor tamaño 32 mm LHC) de color verde pálido con manchas amarillas en el dorso, la superficie ventral es transparente o blanca, la cabeza es más ancha que larga y presenta un cuerpo dorsoventralmente aplanado. Se diferencia de otros centrolénidos debido a que sus órganos internos se encuentran cubiertos por una capa de guanina blanca (Guyer & Donnelly, 2005; Köhler, 2011). El tamaño reportado de las puestas varía entre 10 a 50 huevos, los cuales son colocados regularmente sobre el envés de las hojas, y ocasionalmente en el lado superior (Meyer & Farneti Foster, 1996), y son protegidos por los machos para evitar la depredación y/o la desecación (Greer & Wells, 1980; McDiarmid, 1983; Villa, 1984; Meyer & Farneti Foster, 1996; Delia et al., 2010; Salazar-Nicholls & del Pino, 2015). El presente trabajo contribuye con el registro de ocho puestas de huevos de la Ranita de Cristal Norteña (*H. fleischmanni*), con énfasis en el tamaño de la puesta, el estadio de desarrollo de los huevos y la selección de sitio para la oviposición.

El trabajo de campo se llevó a cabo de mayo a octubre de 2018, en el Área Privada de Conservación “Ahimsa”, localizada en las coordenadas extremas 19.374508° N, 96.986681° W y 19.372475° N, 96.983269° W; WGS 84; elev. 1160 m, en el municipio de Teocelo, Veracruz, México. El área presenta un estado de sucesión avanzado con elementos de bosque mesófilo de montaña y vegetación secundaria de selva mediana subcaducifolia (INEGI, 2016). Para el registro de las puestas se llevaron a cabo monitoreos mensuales, durante los cuales se recorrió un transecto lineal de 5X50m (tomando como referencia el margen del cuerpo de agua). Una vez encontradas las puestas, se tomaron fotografías con una cámara digital Nikon 3300 (lente 18-55 mm; f/18; con flash activo), con una regleta como referencia para el posterior conteo de los huevos y la verificación del estado de desarrollo de los embriones (determinado comparativamente a través de la tabla de desarrollo embrionario para *Hyalinobatrachium fleischmanni* por Salazar-Nicholls & del Pino [2015]), aunado a esto, se midió la altura sobre el cuerpo de agua con un flexómetro, y se tomó una muestra de la vegetación para su posterior determinación en laboratorio. La información recopilada fue concentrada en una tabla, donde fueron obtenidos valores descriptivos: media ( $\bar{X}$ ), y desviación estándar (DE).

Durante el monitoreo se registraron un total de ocho puestas de huevos de *Hyalinobatrachium fleischmanni*, así como la observación de cuatro individuos adultos próximos a los sitios de oviposición (Fig. 1), utilizamos un esfuerzo de muestreo de 54 horas/hombre. Las primeras puestas fueron observadas el 31



**Figure 1.** Adult of *Hyalinobatrachium fleischmanni* perched on the underside of a leaf (*Piper* sp.), close to the clutch.

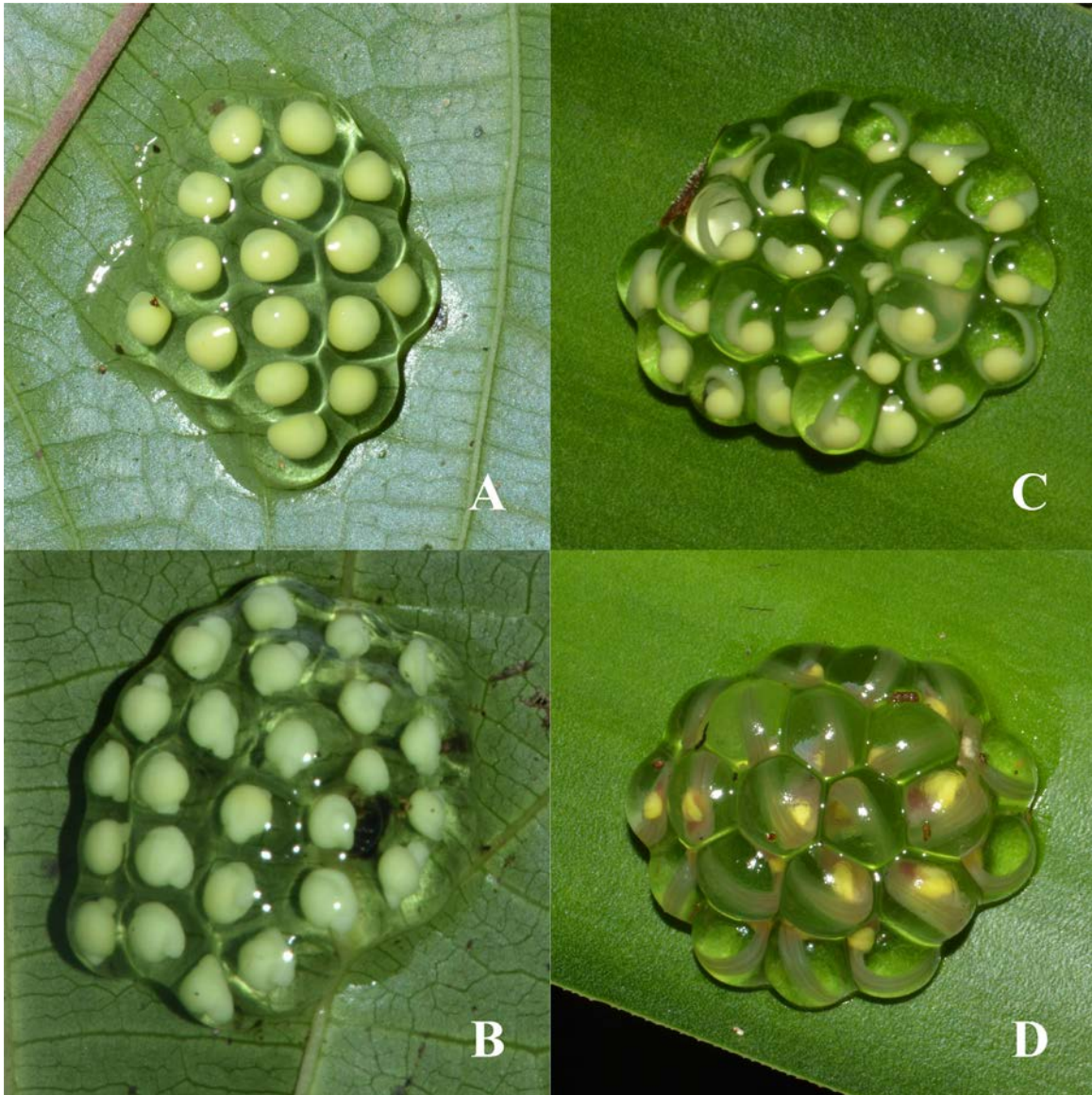
**Figura 1.** Adulto de *Hyalinobatrachium fleischmanni* posado en el envés de una hoja (*Piper* sp.), cerca de la puesta.

de agosto de 2018. Las masas de huevos contenían entre 16 y 26 huevos ( $\bar{X}$  = 22.87; DE=3.44), ver Tabla 1; el estado de desarrollo de los embriones varió entre el estadio 9 y el 25 (Fig. 2). Los huevos fueron observados a una altura entre 1.44 y 2.6 metros ( $\bar{X}$  = 2.19; DE = 0.46), sobre un arroyo con corriente moderada (Tabla 1). Todas las puestas se ubicaron en el envés de las hojas, seis de ellas en piperáceas *Piper hispidum* y *Piper* sp., mientras que las dos restantes en la misma hoja de un ejemplar de *Yucca elephantipes*.

**Table 1.** Clutch size, plant species in which it was recorded, height above water, and developmental stage of *Hyalinobatrachium fleischmanni* eggs.

**Tabla 1.** Tamaño de la puesta, especie vegetal en la que fue registrada, altura sobre el cuerpo de agua y estadio de desarrollo de los huevos de *Hyalinobatrachium fleischmanni*.

| ID               | Tamaño de la puesta | Especie vegetal           | Altura (m)      | Etapa de desarrollo     |                         |
|------------------|---------------------|---------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|
|                  |                     |                           |                 | Estadio / fecha         | Estadio / fecha         |
| 1                | 21                  | <i>Piper</i> sp.          | 2.48            | Estadio 9 / 31-08-2018  |                         |
| 2                | 21                  | <i>Piper</i> sp.          | 2.38            | Estadio 25 / 27-09-2018 |                         |
| 3                | 16                  | <i>Piper hispidum</i>     | 1.44            | Estadio 10 / 12-10-2018 | Estadio 21 / 21-10-2018 |
| 4                | 25                  | <i>Piper</i> sp.          | 1.65            | Estadio 17 / 12-10-2018 |                         |
| 5                | 26                  | <i>Piper</i> sp.          | 1.91            | Estadio 20 / 12-10-2018 | Estadio 23 / 21-10-2018 |
| 6                | 23                  | <i>Yucca elephantipes</i> | 2.60            | Estadio 23 / 12-10-2018 | Estadio 25 / 21-10-2018 |
| 7                | 26                  | <i>Yucca elephantipes</i> | 2.60            | Estadio 20 / 12-10-2018 | Estadio 23 / 21-10-2018 |
| 8                | 25                  | <i>Piper</i> sp.          | 2.52            | Estadio 23 / 12-10-2018 |                         |
| $\bar{X}$ =22.87 |                     |                           | $\bar{X}$ =2.19 |                         |                         |
| DE=3.44          |                     |                           | DE=0.46         |                         |                         |



**Figure 2.** Clutches of *Hyalinobatrachium fleischmanni*, with different developmental stages of the embryos (A. Stage 10 - Early gastrula; B. Stage 17 - Tail bud stage; C. Stage 20 - Circulation to the external gills; and D. Stage 23 - The external gills reached their full size), based on Salazar-Nicholls & del Pino (2015) development table.

**Figure 2.** Puestas de huevos de *Hyalinobatrachium fleischmanni*, se pueden observar diferentes estadios de desarrollo de los embriones (A. Estadio 10 - Gástrula temprana; B. Estadio 17 - Desarrollo de cola; C. Estadio 20 - Desarrollo de las branquias externas; y D. Estadio 23 - Las branquias externas alcanzan su máximo tamaño), con base en la tabla de desarrollo embrionario de Salazar-Nicholls & del Pino (2015).

El tamaño de la puesta registrada para la Ranita de Cristal Norteña en este estudio fue similar a lo reportado por otros autores, donde se han observado de 10 a 50 huevos (Greer & Wells, 1980; Villa, 1984; Lee, 1996; Delia et al., 2013; Salazar-Nicholls & del Pino, 2015). A pesar de que los primeros registros de puestas en el área de estudio se realizaron a finales del mes de agosto, muy probablemente como lo sugiere Delia et al. (2010),

en la región central de Veracruz, las vocalizaciones de cortejo de los machos, así como las primeras puestas ocurran durante principios de junio con el incremento de las lluvias en la región. Se debe destacar que las vocalizaciones de las ranas en el área solo fueron registradas durante días que presentaron eventos de precipitación, siendo más conspicuos al finalizar la lluvia.

Aunque no fue posible registrar el desarrollo completo de los embriones, así como el momento de su eclosión, algunas de las puestas observadas se encontraban en etapas de desarrollo temprano (estadio 9 y 10), el tiempo máximo entre el registro de la primera y la segunda observación fue de nueve días, destacándose que ninguna de las muestras fue observada en más de dos ocasiones. Esto parece coincidir con el patrón sugerido por otros autores, donde se asume que el tiempo de desarrollo desde la oviposición hasta la eclosión de los huevos presenta un periodo de entre 8 y 21 días (Salazar-Nicholls & del Pino, 2015), o de una a tres semanas, dependiendo de las condiciones ambientales, y los renacuajos caen en los arroyos (Meyer & Farneti Foster, 1996).

En cuanto a la selección de sitios para la oviposición por *Hyalinobatrachium fleischmanni*, se pudo destacar la preferencia por especies vegetales del género *Piper*, la observación de puestas en estas piperáceas supone el primer registro de puestas en estas plantas. El género *Piper* se distribuye naturalmente en el sotobosque de vegetación secundaria de bosques tropicales (Wadt et al., 2004). En particular *P. hispidum* es una especie abundante en vegetación secundaria, no obstante, también puede ocurrir ampliamente en zonas conservadas si estas colindan con áreas con otro tipo de uso de suelo (Escobar-Ocampo & Ochoa-Gaona, 2007), las condiciones descritas anteriormente, se asemejan a las presentes en nuestra área de estudio. Los escasos registros de piperáceas en otros trabajos a pesar de ser plantas que traslapan ampliamente su distribución con *H. fleishmanni*, probablemente se deba a la falta de documentación de la taxonomía vegetal en relación con las ranas.

En contraste con lo anterior, la presencia de puestas en *Yucca elephantipes* ya había sido reportada en otras zonas, sumándose a una larga lista de especies vegetales que son seleccionadas por este anuro para ovipositar, entre las que se incluyen *Dieffenbachia* (Greer & Wells, 1980), *Hedychium*, *Heliconia*, *Calathea*, *Anthurium*, *Philodendron*, *Syngonium*, *Citrus* y *Coffea arabica* (Villa, 1984). El hecho de que dos puestas con diferente estadio de desarrollo hayan sido encontradas sobre una misma hoja de *Y. elephantipes*, así como la distancia asociada entre ambas (41 mm), se atribuye a que ambas puestas pertenecen a un solo macho, que de igual forma fue encontrado vocalizando en la misma planta. Cabe destacar que aunque los machos de *Hyalinobatrachium fleishmanni* suelen estar asociados a múltiples puestas simultáneamente, las masas de huevos se encuentran distribuidas regularmente en forma individual sobre una hoja (Villa, 1984). Esto difiere a lo reportado en otras especies de ranas de cristal como *H. aureoguttatum* (Valencia-Aguilar et al.,

2012), *H. valeroi* (Vockenhuber et al., 2008), entre otras, donde se reportan comúnmente múltiples puestas en una sola hoja.

Con respecto a la selección de las ranas sobre la posición de la puesta en las hojas, se observó una similitud con otros estudios de ranas del género *Hyalinobatrachium* (Delia et al., 2010; Cardozo-Urdoneta & Señaris, 2012), la disposición de la puesta en el envés de las hojas al parecer se encuentra relacionado con una estrategia para reducir los efectos negativos de la radiación solar (Salazar-Nicholls & del Pino, 2015), así como disminuir la depredación de los embriones como de los adultos; quienes brindan cuidado parental durante todo el desarrollo, hasta la eclosión de los huevos (Villa, 1984; Delia et al., 2010; Valencia-Aguilar et al., 2012).

Se debe destacar que la altura media (2.19 metros sobre el cuerpo de agua) a la que fueron encontradas las puestas, parece ser mayor a la reportadas anteriormente para la especie (aproximadamente 0.5 – 1.0 m; Greer & Wells, 1980; Villa, 1984), a pesar de que en el sitio se encontraban disponibles hojas a menor altura. Esto podría indicar que, en sitios conservados con cobertura arbórea y estados avanzados de sucesión, *H. fleischmanni* tenga la capacidad de discriminar y seleccionar sitios para colocar sus puestas, no obstante, se requieren más datos para corroborar esto. Por último, se debe señalar que, aunque el área de estudio y en particular la zona cercana al cuerpo de agua aparenta presentar un buen estado de conservación, todas las puestas y los individuos adultos fueron encontrados en una superficie menor a 100 m<sup>2</sup>, esto podría ser un indicio de las condiciones particulares que requiere esta especie para su reproducción en el extremo norte de su rango de distribución; aunque de igual forma puede deberse a que esta especie suele agregarse, como se ha reportado en otras especies del género, encontrándose hasta cinco individuos adultos activos en la misma planta (Valencia-Aguilar et al., 2012).

Nuestros resultados amplían el conocimiento sobre algunos aspectos reproductivos de la Ranita de Cristal Norteña (*Hyalinobatrachium fleischmanni*) en la región montañosa central de Veracruz, datos que para la zona han sido escasamente reportados. Enfatizamos en la necesidad de realizar mayor investigación para tener una mejor comprensión de la historia natural de la especie en el extremo norte de su distribución.

**Agradecimientos.**— Agradecemos a Saúl Hernández Carmona, por su apoyo en la determinación taxonómica de las plantas donde fueron encontradas las puestas; a Jorge Vaca Uribe, dueño del Área de Conservación Privada Ahimsa, por brindarnos el acceso y permitirnos trabajar en el sitio. Al proyecto PRODEP

No.DSA/103.5/15/127/PTC-804, por el financiamiento otorgado para la obtención de equipo de campo.

## LITERATURA CITADA

- AmphibiaWeb: Information on amphibian biology and conservation. 2020. Berkeley, California: AmphibiaWeb. Disponible: <http://amphibiaweb.org/>. [Consultado en marzo 2020]
- Cardozo-Urdoneta, A. & J.C. Señaris. 2012. Vocalización y biología reproductiva de las ranas de cristal *Hyalinobatrachium pallidum* y *Centrolene daidaleum* (Anura, Centrolenidae) en la sierra de Perijá, Venezuela. Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales 173-174:87-105.
- Cisneros-Heredia, D.F. & R.W. McDiarmid. 2007. Revision of the characters of Centrolenidae (Amphibia: Anura: Athesphatanura), with comments on its taxonomy and the description of new taxa of glassfrogs. Zootaxa 1572:1-82.
- Delia, J., D.F. Cisneros-Heredia, J. Whitney & R. Murrieta-Galindo. 2010. Observations on the reproductive behavior of a Neotropical glassfrog, *Hyalinobatrachium fleischmanni* (Anura: Centrolenidae). South American Journal of Herpetology 5:1-12.
- Delia, J., A. Ramírez-Bautista & K. Summers. 2013. Parents adjust care in response to weather conditions and egg dehydration in Neotropical glassfrog. Behavioral Ecology and Sociobiology 67:557-569.
- Escobar-Ocampo M.C. & S. Ochoa-Gaona. 2007. Estructura y composición florística de la vegetación del Parque Educativo Laguna Bélgica, Chiapas, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 78:391-419.
- Frost, D.R. 2020. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.1. American Museum of Natural History, New York. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/> [Consultado en abril de 2020].
- García-Vázquez U.O., L. Canseco-Márquez, J.L. Aguilar-López, I. Solano-Zabaleta & R.J. Maceda-Cruz. 2009. Noteworthy records of amphibians and reptiles from Puebla, México. Herpetological Review 40:467-470.
- Greer, B.J. & K.D. Wells. 1980. Territorial and reproductive behavior of the Tropical American frog *Centrolenella fleischmanni*. Herpetologica 36:318-326.
- Guyer, C. & M.A. Donnelly. 2005. Amphibians and reptiles of La Selva, Costa Rica and the Caribbean Slope: A Comprehensive Guide. University of California Press, Berkeley.
- INEGI, 2016. Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación. Escala 1:250 000. Serie VI (Capa Unión). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>. [Consultado en abril de 2020].
- Köhler, G. 2011. Amphibians of Central America. Herpeton, Verlag Elke Köhler. Offenbach, Germany.
- Lee, J.C. 1996. The amphibians and reptiles of the Yucatán Peninsula. Cornell University Press, Ithaca and London.
- McDiarmid, R.W. 1983. *Centrolenella fleischmanni* (Ranita de Vidrio, Glass Frog). Pp. 389-390. En Janzen, D.H. (Ed.). Costa Rican Natural History. University of Chicago Press.
- Melgarejo-Vélez, E.Y., M. Chávez-Ortiz, R. Luría-Manzano, D. Aportela-Cortés, D.M. Galicia-Portano, L. Canseco-Márquez & G. Gutiérrez-Mayén. 2010. Ampliación del área de distribución de la rana *Hyalinobatrachium fleischmanni* (Anura: Centrolenidae) en el estado de Puebla y del límite septentrional de su distribución. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 26:473-476.
- Meyer, J. R. & C. Farneti Foster. 1996. A guide to the frogs and toads of Belize. Krieger Publishing Company, Malabar Florida.
- Rodríguez-Rojas, E. & P. Marín-Pacheco. 2019. Nuevo registro altitudinal de la rana de cristal *Hyalinobatrachium fleischmanni* (Boettger, 1893) (Anura: Centrolenidae). Cuadernos de Herpetología 33:95-96.
- Salazar-Nicholls, M.J. & E.M. del Pino. 2015. Early development of the glass frogs *Hyalinobatrachium fleischmanni* and *Espadarana callistomma* (Anura: Centrolenidae) from cleavage to tadpole hatching. Amphibian & Reptile Conservation 8:89-106.
- Savage, J.M. 2002. The amphibians and reptiles of Costa Rica. University of Chicago Press, Chicago and London.
- Valencia-Aguilar, A., F. Castro-Herrera & M.P. Ramírez-Pinilla. 2012. Microhabitats for Oviposition and Male Clutch Attendance in *Hyalinobatrachium aureoguttatum* (Anura: Centrolenidae). Copeia 2012:722-731.

- Villa, J. 1984. Biology of a Neotropical Glass Frog *Centrolenella fleischmanni* (Boettger), with special reference to its frogfly associates. Milwaukee Public Museum Contributions in Biology and Geology 55:1-60.
- Vockenhuber, E.A., W. Hödl & U. Karpfen. 2008. Reproductive behavior of the Glass Frog *Hyalinobatrachium valeroi* (Anura: Centrolenidae) at the tropical stream Quebrada Negra (La Gamba, Costa Rica). Stapfia 88:335-348.
- Wadt, L.H.O., C. Ehringhaus & P.Y. Kageyama. 2004. Genetic diversity of "Pimenta Longa" genotypes (*Piper* spp., Piperaceae) of the Embrapa Acre germplasm collection. Genetics and Molecular Biology 27:74-82.



# A CUBAN TREEFROG (*OSTEOPILUS SEPTENTRIONALIS*, HYLIDAE) PREYING ON A CAGED YELLOW-FACED GRASSQUIT (*TIARIS OLIVACEUS*) IN CUBA

## UNA RANA ARBORÍCOLA (*OSTEOPILUS SEPTENTRIONALIS*, HYLIDAE) DEPREDANDO A UN TOMEGUÍN DE LA TIERRA ENJAULADO (*TIARIS OLIVACEUS*) EN CUBA

YESSICA PORTAL RÍOS<sup>1</sup>, RAFAEL BORROTO-PÁEZ<sup>2\*</sup> & DENISE REYES PÉREZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Servicios Ambientales Sancti Spiritus, Bartolomé Maso No. 2, / Avenida de los Mártires e Isabel María de Valdivia, Sancti Spiritus, Cuba.

<sup>2</sup>Instituto de Geografía Tropical, Calle F No. 302, entre 13 y 15, Vedado, La Habana, Cuba.

\*Correspondence: rborroto@geotech.cu

**Resumen.**— Se reporta el primer caso de depredación de la Rana Platanera (*Osteopilus septentrionalis*) a un ave confinada en una jaula, un Tomeguín de la Tierra (*Tiaris olivaceus*) in Cuba central. Se comenta sobre depredaciones en peces ornamentales. Ambos casos de depredación no se han reportado previamente.

**Palabras clave.**— Ave ornamental, depredación, mascota, ornitofagia, *Osteopilus septentrionalis*, Rana Platanera, *Tiaris olivaceus*, Tomeguín de la Tierra.

**Abstract.**— We herein report the first case of predation by a Cuban Treefrog (*Osteopilus septentrionalis*) on a confined caged bird, a Yellow-faced Grassquit (*Tiaris olivaceus*), in central Cuba. We also report predation by Cuban Treefrogs on aquarium fish. Both examples of predation by Cuban Treefrogs on captive pets are reported for the first time.

**Keywords.**— Caged-bird, Cuban Treefrog, ornithophagy, *Osteopilus septentrionalis*, pet, predation, *Tiaris olivaceus*. Yellow-faced Grassquit.

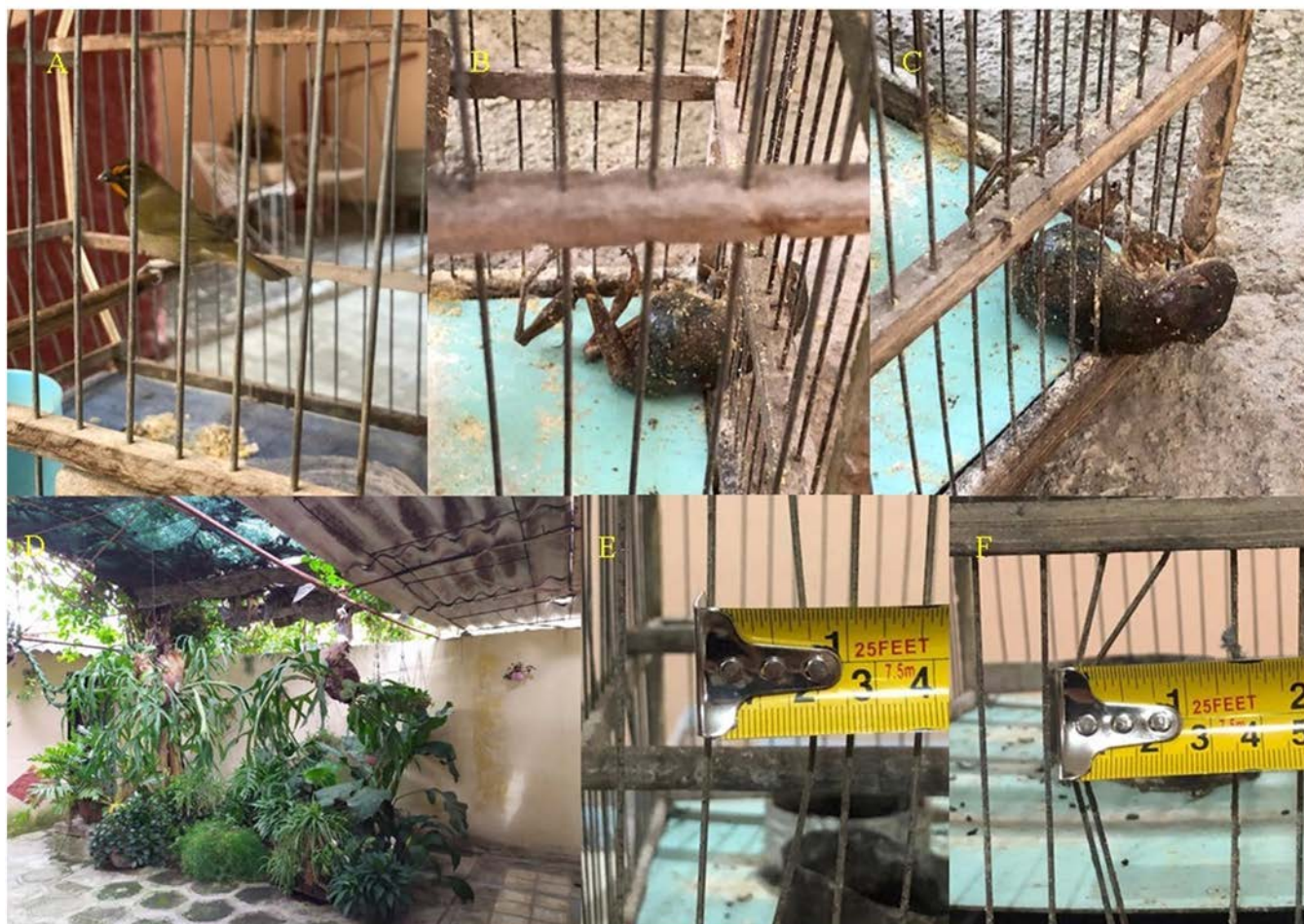
The Cuban Treefrog (*Osteopilus septentrionalis*, Hylidae) is native to Cuba, the Cayman Islands, and at least eight Bahamian islands (Henderson & Powell, 2009). In Cuba, the species is abundant and widely distributed on the main island and on at least 15 satellite islands in the Cuban Archipelago (Estrada, 2012; Rivalta González et al., 2014). In addition, Cuban Treefrogs have been introduced widely to many Caribbean Islands, Costa Rica, and the U.S. states of Florida, Georgia, and Hawaii (Owen et al., 2005; Henderson & Powell, 2009; Powell et al., 2011, 2013). Most studies of this species have addressed introduced rather than native populations (e.g., Meshaka, 1996, 2001; Owen, 2005; Peters, 1974; Smith, 2005; Vargas Salinas, 2006; Beard et al., 2018).

In Cuba, the snout-vent length (SVL) of female Cuban Treefrogs is typically 80–110 mm, with few individuals reaching 165 mm, whereas males usually have SVLs of about 40 mm (Díaz & Cádiz, 2008). Cuban Treefrogs are very abundant in both natural and anthropogenic habitats, always associated with wet places, and often function as human commensals, occupying homes, yards, cisterns, water tanks, and wet agricultural crops like rice and bananas. When many individuals occupy indoor areas (e.g.

personal observation of 4–6 individuals in a bathroom of 2 m<sup>2</sup>), the Cuban Treefrog can be a pest and can produce discomfort in people with some level of herpetofobia.

The Cuban Treefrog is a voracious predator with a documented generalist diet that is highly plastic, consisting primarily of invertebrates, but small vertebrates such as frogs, lizards, and snakes are not uncommon, especially in introduced populations (Meshaka, 1996, 2001, 2011; Wyatt & Forsys, 2004; Owen, 2005; Glorioso et al., 2012). Cannibalism has been documented (Kaiser et al., 2016; Borroto-Páez & Reyes Pérez, 2019). However, specific information about prey and predators is scarce, especially in the native range.

The Yellow-faced Grassquit (*Tiaris olivaceus*, 11.5 cm, 9 g; Fig. 1A) is a common passerine songbird with a wide distribution from Mexico through northern South America, the Greater Antilles, and the Cayman Islands (Garrido & Kirkconnell, 2010). It is a common year-round resident of Cuba, where it is commonly kept in captivity for its color and soft warbling song (Pérez Mena & Ayón, 2002).



**Figura 1.** A) El Tomeguín de la Tierra (*Tiaris olivaceus*, 11.5, 9 g.) en cautiverio en Guayos, cerca de Cabaiguan, provincia de Sancti Spiritus, Cuba. B) Vista lateral de la rana platanera (*Osteopilus septentrionalis*) trabada entre los barrotes de la jaula por el gran tamaño de la parte abdominal después de depredar el Tomeguín de la Tierra. C) Vista más frontal. D) Vegetación y condiciones ambiente del patio donde se encontraba la jaula. E) Lugar probable de entrada de la rana platanera, forzado y expandido hasta 2 cm del espacio original de 1 cm. F) Espacio abierto hasta 3.5 cm para permitir extraer el animal trabado entre los barrotes (diámetro de la barriga de la rana platanera con el ave en su interior).

**Figure 1.** A) A Yellow-faced Grassquit (*Tiaris olivaceus*, 11.5 cm, 9 g.) in captivity in Guayos, near Cabaiguan, Santi Spiritus Province, Cuba. B & C) Lateral and frontal views of a Cuban Treefrog (*Osteopilus septentrionalis*) trapped in the bars of a cage after ingesting a Yellow-faced Grassquit. D) The vegetation in the backyard where the Cuban Treefrog consumed the caged bird. E) The probable site where the Cuban Treefrog entered the cage (space between the bars expanded from the original 1.2 cm to 2 cm). F) The space between the bars expanded to 3.5 cm to permit extraction of the Cuban Treefrog trapped between the bars of the cage.

We herein report the first documented case of Cuban Treefrog predation on a captive adult Yellow-faced Grassquit. At 0700 h on 30 March 2020 in the town of Guayos (22°02'57" N, 79°27'47" W), 15 km from Cabaiguan, Sancti Spiritus Province, Cuba. Residents informed YPR that a large female Cuban Treefrog (SVL 105 mm) had eaten their songbird, which had been confined in a backyard cage. The event probably occurred during the early morning when, after swallowing the bird, the frog was trapped and died between the bars of the cage while trying to escape (Figs. 1B and

C). When the cage was examined, we noted that possible entry site where the bars (normal space between bars was about 1.2 cm to avoid the escape of birds) had been separated to a width of 2 cm (Fig. 1D). However, after ingesting the bird, the frog needed about 3.5 cm, the approximate diameter of the frog's abdomen (Fig. 1E), to escape. The backyard is substantially shaded by ornamental vegetation that includes two large Staghorn Ferns (*Platycerium* sp.) and a neighboring yard with banana trees creates a humid environment ideal for Cuban Treefrogs (Fig. 1F).

The neighbor is an experienced breeder of songbirds who noted several instances of some small songbirds disappearing from cages that he had attributed to escapes or consumption by domestic cats. However, the cages were intact and, when cats prey on caged birds, they invariably damage the cages. To the best of our knowledge, this is the first report of predation by *Osteopilus septentrionalis* on a caged bird the size of a Yellow-faced Grassquit. We found only two references (Bartlett & Bartlett, 1996; Mitchell, 2009) relating intended predation on smaller birds or hatchlings by Cuban Treefrog. Other events of anuran's ornithophagy were reported by McLeod (2009), Brown and Brown (2009), and Camilotti and Barreto-Lima (2011).

We are unaware of any other predation event on pets or small vertebrates in cages, except for our own experiences of Cuban Treefrogs taking small fishes, such as Guppies (*Poecilia reticulata*), Black Mollies (*Poecilia sphenops*), or Southern Platyfish (*Xiphophorus maculatus*), and other ornamental fishes, from water container and aquaria without protection. Our observation were especially in rural areas, where Cuban Treefrogs are more abundant. However, some experienced colleagues, who breed freshwater fishes, informed us that they always protect breeding tanks with nets to prevent Cuban Treefrogs from taking fish from their aquaria, and the eggs and the tadpoles can compete by food in nursery water containers with the ornamental fish breeding. We have found no published reports of *Osteopilus septentrionalis* foraging or damages in aquaria. A quantitative search of damages assessment could be possible in future, implementing surveys and interview on the ornamental fish breeders.

**Agradecimientos.**— We thank Boris A. Fabres, Environmental Protection in the Caribbean (EPIC), for reviewing an early version of this manuscript and providing useful suggestions that improved it. We are thankful to two anonymous referees for improvements on the manuscript.

## CITED LITERATURE

- Bartlett, R.D. & P.P. Bartlett. 1996. Frogs, Toads, and Treefrogs. A complete pet Owner's manual. Barrons Publ., Hauppauge, New York.
- Beard, K.H., S.A. Johnson & A.B. Shields. 2018. Frogs (Coqui frogs, greenhouse frogs, Cuban tree frogs, and cane toads). Pp 163-192. In W.C. Pitt, J.C. Beasley & G.W. Witmer (Eds.), Ecology and Management of terrestrial vertebrate invasive species in the United States. CRC Press, Boca Raton, FL
- Borroto-Páez, R. & D. Reyes Pérez. 2019. Unusual behavior during cannibalism of Cuban Treefrogs (*Osteopilus septentrionalis*) in a commensal habitat in Cuba. *Reptiles & Amphibians* 26:117-118.
- Brown, M.B. & C.R. Brown. 2009. *Lithobates catesbeianus* (American Bullfrog). Predation on Cliff Swallows. *Herpetological Review* 40:206.
- Camilotti, V.L. & A.F. Barreto-Lima. 2011. Ornithophagy in *Rhinella icterica* (Spix, 1824). *Biosciences Journal, Uberlândia* 27:993-994.
- Díaz, L.M. & A. Cádiz. 2008. Guía taxonómica de los anfibios de Cuba. *Abc Taxa* 4:1-294.
- Estrada, A.R. 2012. The Cuban Archipelago. Pp. 113-125. In R. Powell & R.W. Henderson (Eds.), Island lists of West Indian amphibians and reptiles. *Bulletin of the Florida Museum of Natural History* 51: 85-166.
- Garrido O.H. & A. Kirkconnell. 2010. Aves de Cuba. Cornell University Press, Ithaca, USA.
- Glorioso, B.M., J.H. Waddle, M.W. Crockett, K.G. Rice & H.F. Percival. 2012. Diet of the invasive Cuban Treefrog (*Osteopilus septentrionalis*) in pine rockland and mangrove habitats in South Florida. *Caribbean Journal of Science* 46:346-355.
- Henderson, R.W. & R. Powell. 2009. Natural History of West Indian Reptiles and Amphibians. University Press of Florida, Gainesville, Florida.
- Kaiser, H., M.C. Chamberlain, T. Edwards, J.R. Nuñez, T.M. Rodríguez-Cabrera, & J. Torres. 2016. Cannibalism in Cuba: First direct observations of Cuban Treefrogs (*Osteopilus septentrionalis*, Hylidae) feeding on conspecifics in their native habitat, with a brief review of anurophagy and cannibalism in treefrogs. *Reptiles & Amphibians* 23:21-27.
- McLeod, D.S. 2008. A new species of big-headed, fanged dicroglossine frog (Genus *Limnonectes*) from Thailand. *Zootaxa* 1807:26-46.
- Meshaka, W.E., Jr. 1996. Diet and colonization of buildings by the Cuban Treefrog, *Osteopilus septentrionalis* (Anura: Hylidae). *Caribbean Journal of Science* 32:59-63.
- Meshaka, W.E., Jr. 2001. The Cuban Treefrog in Florida: Life History of a Successful Colonizing Species. University of Florida Press, Gainesville, Florida.

- Meshaka, W.E., Jr. 2011. A Runaway Train in the Making: The Exotic Amphibians, Reptiles, Turtles, and Crocodilians of Florida. Monograph 1. Herpetological Conservation and Biology 6:1-101.
- Mitchell, A. 2009. *Osteopilus septentrionalis* (Cuban Treefrog). Prey. Herpetological Review 40:206.
- Owen, J.L. 2005. The Cuban Tree Frog (*Osteopilus septentrionalis*): Distribution, diet, and reproduction of an invasive species in the British Virgin Islands. Unpublished M.S. Thesis, Texas Tech University, Lubbock, Texas.
- Owen J., A. Perry, J. Lazell, C. Petrovic & J. Egelhoff. 2005. *Osteopilus septentrionalis*. Geographic distribution, British Virgin Islands. Herpetological Review 36:76.
- Pérez Mena, E. & X. Ayón Güemes. 2002. Las aves canoras y las de bello plumaje. Pp. 83-91. In H.J. González Alonso (Ed.). Aves de Cuba. UPC Print, Vaasa, Finland.
- Peters, G. 1974. Notizen über die Batrachofauna der Insel Kuba. Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum in Berlin 50:299-322.
- Powell, R., R.W. Henderson, M.C. Farmer, M. Breuil, A.C. Echternacht, G. Van Buurt, C.M. Romagosa & G. Perry. 2011. Introduced amphibians and reptiles in the Greater Caribbean: Patterns and conservation implications. Pp. 63-143. In A. Hailey, B.S. Wilson & J.A. Horrocks (Eds.), Conservation of Caribbean Island Herpetofaunas. Volume 1: Conservation Biology and the Wider Caribbean. Brill, Leiden, The Netherlands.
- Powell, R., R.W. Henderson, G. Perry, M. Breuil & C.M. Romagosa. 2013. Introduced amphibians and reptiles in the Lesser Antilles. Pp. 74-107. In J.L. Vernier & M. Burac (Eds.), Biodiversité Insulaire: la Flore, la Faune et l'Homme dans les Petites Antilles. Actes du Colloque international, Schoelcher, 8-10 Novembre 2010. Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Martinique and Université de Antilles et de la Guyana, Schoelcher, Martinique.
- Smith, K.G. 2005. Nonindigenous Herpetofauna of Florida: Patterns of Richness and Case Studies of the Impacts of the Tadpoles of Two Invasive Amphibians, *Osteopilus septentrionalis* and *Bufo marinus*. Unpublished Ph.D. Dissertation, University of Tennessee, Knoxville, Tennessee.
- Rivalta González, V., L. Rodríguez Schettino, C.A. Mancina & M. Iturriaga. 2014. Amphibians of Cuba: Checklist and geographic distribution. Smithsonian Herpetological Information Service 145:1-48.
- Vargas Salinas, F. 2006. Breeding behavior and colonization success of the Cuban Treefrog *Osteopilus septentrionalis*. Herpetologica 62:398-408.
- Wyatt, J.L. & E.A. Forsyth. 2004. Implications of predation by Cuban Treefrogs (*Osteopilus septentrionalis*) on native hylids in Florida. Southeastern Naturalist 3:695-70.



# TAIL BIFURCATION IN *PLESTIODON COPEI* (TAYLOR, 1933) (SQUAMATA: SCINCIDAE)

## BIFURCACIÓN DE COLA EN *PLESTIODON COPEI* (TAYLOR, 1933) (SQUAMATA: SCINCIDAE)

ORLANDO SUÁREZ-RODRÍGUEZ<sup>1\*</sup>, GABRIEL SUÁREZ-VARÓN<sup>1</sup>, MARISOL MARÍN-VERA<sup>2</sup> & C.M. WATSON<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario #100 Centro, 50000 Toluca, Estado de México, México.

<sup>2</sup>Facultad de Química, Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario. #100 Centro, 50000 Toluca, Estado de México, México,

<sup>3</sup>Department of Biology, Midwestern State University, Wichita Falls, Texas, United States of America.

\*Correspondencia: [biol.osr.herp@gmail.com](mailto:biol.osr.herp@gmail.com)

**Resumen.**— La autotomía caudal es una estrategia de escape común en lagartijas. Esta estrategia puede afectar la adecuación de los individuos al asociarse con costos energéticos causados por la regeneración de la cola. Diversos registros han reportado anomalías de la cola en varias familias de lagartijas. En esta nota reportamos un espécimen de *Plestiodon copei* encontrado en campo con la cola bifurcada. Las radiografías mostraron formación de cartílago en los dos segmentos sin osificación después del plano de ruptura de la cola.

**Palabras clave.**— Autotomía caudal, bifurcación de la cola, regeneración de la cola, Scincidae.

**Abstract.**— Caudal autotomy is a common escape strategy in lizards to avoid predation. This strategy can affect the fitness of the individuals associated to energetic cost caused by tail regeneration. Several records of tail anomalies have been reported in various families of lizards. In this note we reported a tail bifurcation specimen of *Plestiodon copei* found in the wild. An X-ray showed that the two branches are not ossified after the fracture plane in the tail, with cartilage formation in both branches instead.

**Keywords.**— Caudal autotomy, tail bifurcation, tail regeneration, Scincidae.

Caudal autotomy is an anti-predator strategy, commonly as a decoy used in lizards to increase the likelihood of survival in risk situations; but in consequence, the fitness may be reduced by costs associated with the loss of the tail tissue, energetic requirements associated with regeneration, also can affect mate access and mating success (Salvador et al., 1995), social status (Fox et al., 1990), protection from predators (Bateman et al., 2014), locomotion (McElroy & Bergmann, 2013), and the unavailability of the lost tail during subsequent predation events (Downes & Shine, 2001; Barr et al., 2020). In several species of lizards, the abnormal caudal regeneration have been observed of two forms, intra- and inter-vertebral autotomizing and have been published in various families of lizards: Agamidae (Ananjeva & Danov, 1991), Anguidae (Conzendey et al., 2013), Iguanidae (Koleska et al., 2017), Gekkonidae (García-Vinalay, 2017), Gymnophthalmidae (Pheasey et al., 2014), Lacertidae (Koleska & Jablonsky, 2015), Liolaemidae (Castro-Pastene, 2015; Chavez-Villavicencio & Tabilo-Valdivieso, 2017), Scincidae (Vergilov & Natchev, 2017), Teiidae (Gogliath et al., 2012), and Tropiduridae (Martins et al., 2013; Passos et al., 2014). In the family Scincidae there are 53 of 1669 species of skinks with record of some abnormality in tail

regeneration (Barr et al., 2020), particularly, lizards in the family which caudal bifurcation has been recorded are *Liopholis whitii* (Hickman, 1960), *Plestiodon fasciatus* (McKelvy & Stark, 2012), *Plestiodon inexpectatus* (Mitchell et al., 2012), *Plestiodon skiltonianus* (Miles et al., 2020), *Brasiliscincus heathi* (Magalhães et al., 2015), and *Ablepharus kitaibelii* (Vergilov & Natchev, 2017).

*Plestiodon copei* (Taylor, 1933) is a viviparous, diurnal, insectivorous skink whose range includes the Mexican states of Michoacán, Morelos, Puebla, Mexico State, Mexico city, Tlaxcala, and Veracruz (Fernández et al., 2006; Johnson et al., 2017). It occurs in temperate coniferous forest (Castro-Franco & Bustos-Zagal, 1994). In Mexico, records of tail bifurcation are scarce or anecdotic, e.g. *Urosaurus bicarinatus* (Mata-Silva et al., 2013). Here we report the first case of tail bifurcation in a population of *P. copei* and the first time that tail regeneration abnormalities are reported in the *Plestiodon brevirostris* group.

On 6 October 2019, we found an adult female of *P. copei* in El Capulín, Amanalco de Becerra, Mexico State, Mexico (19.2988° N, 99.9686° W, WGS84; 2875 m a.s.l.). The 3.1 g specimen was



**Figure 1.** a. Hembra adulta de *Plestiodon copei* encontrada en campo. b. Bifurcación caudal en *P. copei*, mostrando la diferencia en las escamas de la cola. c. Vista dorsal con rayos X de la bifurcación caudal. d. Vista lateral con rayos X de la bifurcación caudal.

**Figura 1.** a. Adult female *Plestiodon copei* found in the field. b. Caudal bifurcation in *P. copei*, showing the scale differences. c. X-ray of caudal bifurcation in dorsal view. d. X-ray of caudal bifurcation in lateral view.

under a rock in a pine-oak forest (Fig. 1a). The snout-vent length (SVL) was 58.29 mm, total length of the original portion of the tail was 34.51, and its maximum width was 4.93 mm. The tail was bifurcated dorso-ventrally 8.15 mm posteriorly to the vent. The length of the dorsal regenerated branch was 26.36 mm and maximum width 3.81 mm, while the ventral branch had a length of 20.57 mm and maximum width of 3.63 mm. The scales on the bifurcated portion of the tail were small and morphologically quite different from those on the original portion of the tail (Figs. 1a and 1b).

Additionally, we obtained both dorsal and lateral radiographs (Figs. 1c and 1d respectively). The X-ray showed that the two branches are not ossified after the fracture plane in the tail, with

cartilage formation in both branches instead. In lizards, previous studies have reported abnormalities in caudal regeneration when the lizards experience incomplete caudal autotomy (Ramadanović & Zimić, 2019). In that case, tail bifurcation is expected since the original tail (ossified) remains attached to the organism. In this way, the new tail is regenerated as an unsegmented cartilage tube that resists ossification (Lozito & Tuan, 2015), provoked by a partial rupture of the original tail and resulting in two or more segments at the injury point (Ananjeva & Danov, 1991). Nevertheless, the caudal bifurcation we observed in *P. copei* lacks ossified vertebrae in both forks of the tail since that ossification was not observed after fracture plane (Fig. 1d).

We therefore suggest that this fork comes from a second process of caudal autotomy (with prior regeneration of cartilage) where a semi-rupture of the cartilaginous tail promotes a second tail with cartilage. Other explanations are also possible. Future studies need to deepen in the knowledge about the energetic cost of tail regeneration in bifurcated tails. Furthermore, including morphological measurements, the frequency of this pattern in populations, and experimental approaches to increase our understanding of the ecological effects of abnormal tail regeneration and its influence on lizard survival.

## LITERATURA CITADA

- Ananjeva, N.B. & R.A. Danov. 1991. A rare case of bifurcated caudal regeneration in the Caucasian Agama, *Stellio caucasis*. *Amphibia-Reptilia* 12:343-346.
- Barr, J.I., R. Somaweera, S.S. Godfrey, M.G. Gardner & P.W. Bateman. 2020. When one tail isn't enough: abnormal caudal regeneration in lepidosaurs and its potential ecological impacts. *Biological Reviews* 95:1479-1496.
- Bateman, P., Flemig P. & B. Rolex. 2014. Bite me: blue tails as a 'risky-decoy' defense tactic for lizards. *Current Zoology* 60:333-337.
- Castro-Franco, R. & M.G. Bustos-Zagal. 1994. List of reptiles of Morelos, Mexico, and their distribution in relation to vegetation types. *The Southwestern Naturalist* 39:171-213.
- Castro-Pastene, C. 2015. Registro de *Liolaemus pictus* (Duméril & Bibron 1837) (Squamata: Liolaemidae) con dos colas. *Boletín Chileno de Herpetología* 2:29.
- Chávez-Villavicencio, C. & E. Tabilo-Valdivieso. 2017. Anomalía en el crecimiento de la cola de *Liolaemus tenuis* (Duméril & Bibron, 1837) (Reptilia, Squamata, Liolaemidae). *Boletín Chileno de Herpetología* 4:10-11.
- Conzendey, P., S.P.S. Campos, F.M. Lanna, J.D.C.G. De Amorim & B. M. De Sousa. 2013. *Ophiodes striatus* (Striped Worm Lizard). Bifurcated tail. *Herpetological Review* 44:145-146.
- Downes, S.J. & R. Shine. 2001. Why does tail loss increase a lizard's later vulnerability to snake predators? *Ecology* 82:1293-1303.
- Fernández, J.A., O. Sánchez & O.A. Flores-Villela. 2006. New records of amphibians and reptiles from Tlaxcala, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 22:159-162.
- Fox, S.F., N.A. Heger & L.S. Delay. 1990. Social cost of tail loss in *Uta stansburiana*: lizard tails as status-signalling badges. *Animal Behaviour* 39:549-554.
- García-Vinalay, A. 2017. *Hemidactylus frenatus* tail bifurcation. *Mesoamerican Herpetology* 4:635.
- Gogliath, M., L.C. Pereira, P.A. Nicola & L.B. Ribeiro. 2012. *Ameiva ameiva* (Giant Ameiva). Bifurcation. *Herpetological Review* 43:129.
- Hickman, J. 1960. Observations on the skink lizard *Egernia whitii* (Lacepede). *Papers and Proceedings of the Royal Society of Tasmania* 94:111-119.
- 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.
- Koleska, D. & D. Jablonski. 2015. Tail bifurcation recorded in *Aglyroides nigropunctatus* (Duméril & Bibron, 1839). *Ecologica Montenegrina* 3:26-28.
- Koleska, D., V. Svobodová, T. Husák, M. Kulma & D. Jablonski. 2017. Tail bifurcation recorded in *Sauromalus ater*. *Herpetology Notes* 10:363-364.
- Lozito, T.P. & R.S. Tuan. 2015. Lizard regeneration: regulation of two distinct cartilage regions by Indian hedgehog. *Developmental Biology* 399:249-262.
- Magalhães, F., F. Camarugi, R.R. Silveira-Filho, S. Mangia & B.D. Da Conceicao. 2015. *Brasiliscincus heathi* (Brazilian mabuya). Tail bifurcation. *Herpetological Review* 46:624-625.
- Martins, R.L., P.G. Peixoto, P.H.M. Fonseca, A.G. Martinelli, W.R. Silva & A. Pelli. 2013. Abnormality in the tail of the collated lizard *Tropidurus gr. torquatus* (Iguania, Tropi-duridae) from Uberaba city, Minas Gerais State, Brazil. *Herpetology Notes* 6:369-371.
- Mata-Silva, V., A. Rocha, J.D. Johnson & L.D. Wilson. 2013. *Urosaurus bicarinatus* (Tropical Tree Lizard). Bifurcation. *Herpetological Review* 44:686-687.
- McElroy, E.J. & P.J. Bergmann. 2013. Tail autotomy, tail size, and locomotor performance in lizards. *Physiological and Biochemical Zoology* 86:669-679.

- McKelvy, A. & C. Stark. 2012. *Plestiodon fasciatus* (Common five lined Skink) tail bifurcation. *Herpetological Review* 43:138
- Miles, D.C., C.L. Danser & K.T. Shoemaker. 2020. Tail bifurcation in *Plestiodon skiltonianus*. *Herpetology Notes* 13:343-345.
- Mitchell, J.C., W. McDaniel & J. McDaniel. 2012. *Plestiodon inexpectatus* (Southeastern Five-lined Skink). Bifurcation. *Herpetological Review* 43:650.
- Passos, D.C., L.T. Pinheiro, C.A. Galdino & C.F. Rocha. 2014. *Tropidurus semitaeniatus* (Calango de Lagedo). Tail bifurcation. *Herpetological Review* 45:138.
- Pheasey, H., P. Smith, J.P. Brouard & K. Atkinson. 2014. *Vanzosaura rubricauda* (red-tailed vanzosaur) bifurcation and trifurcation. *Herpetological Review* 45:138-139.
- Ramadanovic, D. & A. Zimic. 2019. Record of a *Lacerta agilis* Linnaeus, 1758 with erythronotus colour morph and tail bifurcation. *Herpetology notes* 12:779-781.
- Salvador, A., J. Martin & P. López. 1995. Tail loss reduces home range size and access to females in male lizards, *Psammodromus algirus*. *Behavioral Ecology* 6:382-387.
- Vergilov, V. & N. Nikolay. 2017. First record of tail bifurcations in the snake-eyed skink (*Ablepharus kitaibelii* Bibron and Bory de Saint-Vincent, 1833) from Pastrina hill (northwestern Bulgaria). *Arxius de Miscellània Zoològica* 15: 224-228.



# DEPREDACIÓN DE LA LAGARTIJA *PLESTIODON COPEI* (SCINCIDAE) POR LA RANA *LITHOBATES MONTEZUMAE* (RANIDAE) EN MICHOACÁN, MÉXICO

## PREDATION OF THE LIZARD *PLESTIODON COPEI* (SCINCIDAE) BY *LITHOBATES MONTEZUMAE* (RANIDAE) IN MICHOACÁN, MÉXICO

JONATAN TORRES-PÉREZ-COETO<sup>1\*</sup>, IRERI SUAZO-ORTUÑO<sup>1</sup> & JAVIER ALVARADO-DÍAZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Herpetología, Departamento de Zoología, Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Av. San Juanito Itzicuaro s/n. Col. Nueva Esperanza C.P. 58337 Morelia, Michoacán, México.

\*Correspondencia: crotalus365@gmail.com

**Abstract.**— An unusual observation of predation of the Cope's Skink Lizard, *Plestiodon copei*, by the Montezuma Leopard Frog, *Lithobates montezumae*, is reported.

**Keywords.**— Predation, *Plestiodon copei*, Michoacán.

**Resumen.**— En esta nota se reporta un caso inusual de depredación de la lagartija Lince de Cope *Plestiodon copei*, por la Lithobates de Moctezuma *Lithobates montezumae*.

**Palabras clave.**— Depredación, *Plestiodon copei*, Michoacán.

La lagartija Lince de Cope *Plestiodon copei*, Taylor 1933 o salamandrina como es coloquialmente conocida es endémica a México. Presenta una amplia distribución en las zonas montañosas de los estados de México, Michoacán, Morelos, Puebla, Veracruz y Ciudad de México (Smith & Smith 1976; Ramírez-Bautista et al., 2009). Es una especie de cuerpo alargado y delgado, de tamaño mediano. Las hembras son ligeramente más grandes y robustas que los machos; la cabeza es puntiaguda y las extremidades son marcadamente cortas y robustas. Las escamas del cuerpo son pequeñas, lisas, cicloides y brillantes. Presenta una franja de color café metálico claro que abarca la región dorsal del cuerpo y cabeza; con dos líneas blancas laterales que se originan en la punta del hocico y terminan en la base de la cola. La región ventral del cuerpo es color gris, y la cola se presenta un tono azul metálico intenso en machos o ligeramente azulado en hembras.

Esta especie habita parches de bosques templados en las partes más altas de la Faja Volcánica Transmexicana (Uribe-Peña et al., 1999). Es de hábitos principalmente diurnos y terrestres. Es frecuente encontrarla entre troncos secos o entre la hojarasca y bajo rocas. Se alimenta de insectos y es vivípara (Uribe-Peña et al., 1999). A las 10:00 h del 14 Julio 2019 mientras realizábamos un monitoreo de *Ambystoma ordinarium* en el cauce del río Puente de Vacas a 8 km al sur de Agostitlán, municipio de Ciudad Hidalgo (19°31'10.00''N y 100°37'1.91''O Datum: WGS 84, 2446 msnm),

Michoacán, se observó una serpiente (*Thamnophis cyrtopsis*) en el cauce del arroyo y un ejemplar de *Plestiodon copei* (CHUM-1850, LHC = 50 mm y LC = 61 mm) en la ribera del río sobre pasto. Al moverse, la lagartija fue capturada de un salto por un ejemplar adulto de *Lithobates montezumae* (CHUM-1852, LHC = 78 mm), que estaba presumiblemente al acecho. Posteriormente, se procedió a colectar y fotografiar el ejemplar de *L. montezumae*. Esta fue transportada al laboratorio donde fue fijada y se realizó la disección del estómago para corroborar la presencia del ejemplar de *P. copei* (Figs. 1 y 2). Ambos ejemplares fueron depositados en la Colección Herpetológica de la Universidad Michoacana (CHUM). Durante la disección, también se encontraron algunos ejemplares de escarabajos (Insecta: Scarabaeidae). Los muestreos se ampararon en el permiso de colecta N° SGPA/DGVS/ 001450 /18. La depredación de lagartijas por anuros es relativamente común (Ribeiro & Freire, 2009) aunque algunas lagartijas como las que pertenecen al género *Plestiodon* se consideran rápidas para ser atrapadas por *Lithobates* (Price-Rees et al., 2010).

A nuestro conocimiento este es el primer registro de la depredación de *P. copei* por una *Lithobates* o por la *L. montezumae*.

**Agradecimientos.**— Se agradece a Luis Canseco-Márquez por la corroboración de la identidad de las especies *P. copei* y *L. montezumae* y al proyecto de ciencia básica de Conacyt No del proyecto CB-2015-01-259173 de Ciencia Básica que financió el



**Figure 1.** Dissection of *L. montezumae* showing the predated specimen of *P. copei*. Picture: JTPC.

**Figura 1.** Disección de *L. montezumae* mostrando el ejemplar de *P. copei* depredado. Fotografía: JTPC.



**Figure 2.** Dorsal view of *L. montezumae* and lateral view of the specimen of *P. copei* predated by the former.

**Figura 2.** Vista dorsal de *L. montezumae* y lateral del ejemplar de *P. copei* depredado por ésta.

trabajo de campo para el monitoreo de *Ambystoma ordinarium*, debido al cuál se registró de manera incidental la observación referida en la nota.

## LITERATURA CITADA

Price-Rees, S.J., G.P. Brown & R. Shine. 2010. Predation on toxic cane toads (*Bufo marinus*) may imperil bluetongue lizards (*Tiliqua scincoides intermedia*, Scincidae) in tropical Australia. *Wildlife Research*. 37:166-173.

Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, U. García-Vázquez, A. Leyte-Manrique & L. Canseco-Márquez. 2009. *Herpetofauna del Valle de México: Diversidad y conservación*. Universidad

Autónoma del Estado de Hidalgo. Comisión Nacional para El Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 213 pp.

Ribeiro, L.B. & E.M.X. Freire. 2009. *Tropidurus hispidus*. Frog predation. *Herpetological Review*. 40:228.

Smith, H.M. & R.B. Smith. 1976. *Synopsis of the herpetofauna of México Vol. III (Source analysis and index for Mexican reptiles)* J. Johnson, U.S.A.

Uribe-Peña, Z., A. Ramírez-Bautista & G. Casas. 1999. *Anfibios y reptiles de las Serranías del distrito Federal, México*. Universidad Nacional Autónoma de México. Cuadernos del Instituto de Biología 32:1-119.



# NUEVOS REGISTROS DE DISTRIBUCIÓN DE *MICRUROIDES EURYXANTHUS AUSTRALIS* Y *MICRUROIDES EURYXANTHUS NEGLECTUS* (SERPENTES: ELAPIDAE), Y SU DISTRIBUCIÓN POTENCIAL EN SINALOA, MÉXICO

## NEW DISTRIBUTION RECORDS OF *MICRUROIDES EURYXANTHUS AUSTRALIS* AND *MICRUROIDES EURYXANTHUS NEGLECTUS* (SERPENTES: ELAPIDAE), AND THEIR POTENTIAL DISTRIBUTION IN SINALOA, MEXICO

PEDRO URIARTE-GARZÓN<sup>1</sup>, ANTONIO ESAÚ VALDENEGRO-BRITO<sup>2,4</sup>, HORACIO BÁRCENAS-RODRÍGUEZ<sup>3</sup> & URI OMAR GARCÍA-VÁZQUEZ<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento Académico de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Los Mochis, Blvd. Macario Gaxiola y Reyes Heróles S/N, Los Mochis, Ahome, Sinaloa.

<sup>2</sup>Laboratorio de Sistemática Molecular, Unidad de Investigación Experimental Zaragoza, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, Batalla 5 de mayo s/n, Col. Ejército de Oriente, 09230, CDMX, México (Correspondencia: urigarcia@gmail.com).

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito interior S/N, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México.

<sup>4</sup>Posgrado en Ciencias Biológicas, Centro Tlaxcala Biología de la Conducta. Universidad Autónoma de Tlaxcala, Carretera Tlaxcala-Puebla Km. 1.5, La Loma Xicohténcatl, 90070, Tlax. México.

\*Correspondencia: urigarcia@gmail.com

**Abstract.**— In an analysis of the distribution of the genus *Micruroides* from Sinaloa, México, we report new state records that increase the known distribution of this species. Additionally, we evaluate the potential distribution in Sinaloa of the two subspecies that are distributed in the state.

**Keywords.**— Distribution, *Micruroides*, new records, Sinaloa.

**Resumen.**— En un análisis de la distribución del género *Micruroides* de Sinaloa, México, se reportan nuevos registros estatales que aumentan la distribución conocida de esta especie. Adicionalmente, evaluamos la distribución potencial en Sinaloa, de las dos subespecies que se distribuyen en el estado.

**Palabras clave.**— Distribución, *Micruroides*, nuevos registros, Sinaloa.

*Micruroides* es un género monotípico que se distribuye desde el suroeste de los Estados Unidos en Arizona y Nuevo México, hasta México en Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Nayarit y Jalisco (Campbell & Lamar, 2004; Ahumada-Carrillo et al., 2018). Actualmente, se reconocen tres subespecies: *Micruroides euryxanthus euryxanthus*, *M. euryxanthus australis* y *M. euryxanthus neglectus*, las dos últimas endémicas de México (Roze, 1974; Slowinski, 1995; Campbell & Lamar, 2004; Lemos-Espinal & Smith, 2009; Woolrich-Piña et al., 2016; Cruz-Cuevas et al., 2017).

En Sinaloa, los registros de este taxón han sido escasos. Duellman (1957) lo registra por primera vez a partir de un macho colectado a 26.2 kilómetros al nornoroeste de Mazatlán, que identifica como *M. e. australis*, considerándolo el registro más sureño de esa subespecie (Zweifel & Norris, 1955; Duellman,

1957). Roze (1967) reasigna el espécimen colectado por Duellman (1957) a *M. e. neglectus*, y reporta otro macho a 32.1 km al norte de Mazatlán, considerándolo el registro más meridional del género *Micruroides*. Hardy y McDiarmid (1969) y Campbell y Lamar (2004) reconocen a *M. e. neglectus* como la única subespecie de este taxón con distribución en Sinaloa, y sugieren la posible presencia de *M. e. australis* en el norte de estado. Meik et al. (2007), reportan una hembra de *M. e. neglectus* en las cercanías al Municipio de Cosalá, Sinaloa a 100 km al norte de la localidad tipo (Roze, 1967), representando el segundo registro desde la descripción original, y extendiendo su área de distribución estatal. Más tarde, Cruz-Sáenz et al. (2008), Woolrich-Piña (2016), Cruz-Sáenz et al. (2017) e Ahumada-Carrillo et al. (2018) registran a *M. e. neglectus* para los estados de Nayarit y Jalisco, extendiendo la distribución conocida para el género.

Por su parte *M. e. australis* es mencionada por Boger & Oliver (1945) como un taxón extendido a lo largo del estado de Sonora, con posible presencia en Sinaloa. Zweifel y Norris (1955) reportan a *M. e. australis* para el extremo sureste de Sonora, en Guiricoba y Álamos, hasta ese entonces, las localidades más meridionales para esta subespecie (Roze, 1974). Aunque los límites de distribución de las subespecies no están claramente definidos, estas localidades en la porción central de Sonora se encuentran en una zona de intergradación con *M. e. euryxanthus* (Roze, 1974).

En este estudio, se reportan nuevos registros para Sinaloa del género *Micruroides*. El espécimen colectado asignado a *M. e. australis* fue depositado en la colección herpetológica del Museo de Zoología, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM (MZFZ). Adicionalmente para los ejemplares observados, pero no colectados, se depositó una fotografía en la Colección Digital de Vertebrados de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM (MZFZ-IMG). Adicionalmente, con el fin de conocer áreas potenciales de distribución de *M. e. australis* y *M. e. euryxanthus* en el estado de Sinaloa, se generaron modelos de distribución para cada subespecie. Se utilizaron todos los registros disponibles de *M. e. australis* y *M. e. euryxanthus* en el estado de Sinaloa como puntos de presencia (Tabla 1), la depuración de los registros no eliminó ningún punto ya que no se tienen registros duplicados y la distancia entre los puntos más cercanos fue mayor a 4 km. Se obtuvieron las variables bioclimáticas de WorldClim (Fick & Hijmans, 2017) a una proyección de 1km<sup>2</sup> (celdas de 30 segundos) de resolución espacial y se recortaron para delimitar el área de estudio, posteriormente, se realizó un análisis de correlación de Pearson para determinar que variables están fuertemente correlacionadas y descartar aquellas que no proporcionan

ninguna información bioclimática (> 0.7 coeficiente de Pearson). Utilizamos las variables: Estacionalidad de la temperatura (Coeficiente de variación en %) BIO 4; Oscilación anual de la temperatura (°C) (Coeficiente entre parámetros 5 y 6) BIO 7; Temperatura promedio del cuatrimestre más frío BIO 11; Precipitación anual (mm) BIO 12; Precipitación del periodo más seco BIO 14; Precipitación del cuatrimestre más cálido BIO 18 y Precipitación del cuatrimestre más frío BIO 19. Finalmente, se utilizó el algoritmo de máxima entropía empleando el programa MaxEnt (Phillips et al., 2006). Los parámetros utilizados fueron por default, con formato de salida Cloglog, se utilizó el 75 % para calibrar el algoritmo y 25 % para su validación con 500 iteraciones de remuestreo con remplazo (Bootstrap) y regla de umbral de presencia mínima de entrenamiento, y se obtuvieron los modelos de distribución para cada subespecie. Evaluamos cada modelo con la curva ROC (receiver operating characteristics) Parcial (Peterson et al., 2008) en NicheToolbox (Osorio-Olvera et al., 2020), el análisis se realizó con 500 iteraciones, 0.05 de proporción de omisión y 50% de porcentaje de puntos aleatorios.

El 15 de noviembre de 2011 observamos un individuo de *M. e. neglectus* (MZFZ- IMG-184-85), dentro de los límites del ANP Meseta de Cacaxtla (23.674681° N, 106.583409°O, altitud 170 ms. n. m), en San Ignacio Sinaloa. Recientemente un segundo ejemplar (MZFZ- IMG-186) de esta subespecie fue observado el 8 de febrero de 2019 dentro de la Reserva Ecológica el Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria (24.402900°N, 106.613493°O, altitud 457 msnm.), Cosalá, Sinaloa. Estas observaciones aumentan la distribución municipal y el límite altitudinal conocido de la subespecie en el centro-sur de Sinaloa.

**Table 1.** Records of the presence of *M. euryxanthus australis* and *M. euryxanthus neglectus* used to perform the potential distribution models.

**Tabla 1.** Registros de presencia de *M. euryxanthus australis* y *M. euryxanthus neglectus* utilizados para realizar los modelos de distribución potencial.

| Subespecie             | Latitud   | Longitud    | Fuente y localidad                                                                                  |
|------------------------|-----------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>M. e. australis</i> | 25.989748 | -108.419438 | Este estudio (Genaro Estrada, 26 km N de Sinaloa de Leyva)                                          |
| <i>M. e. australis</i> | 26.119785 | -108.65372  | Este estudio (Rancho Machochin, Municipio de El fuerte)                                             |
| <i>M. e. australis</i> | 26.021031 | -109.03768  | Este estudio (Sierra Barobampo)                                                                     |
| <i>M. e. neglectus</i> | 23.494637 | -106.405947 | Duellman 1957 (26.6 km NE de Mazatlán)                                                              |
| <i>M. e. neglectus</i> | 23.542747 | -106.416174 | Roze 1967 (32.1 km N de Mazatlán)                                                                   |
| <i>M. e. neglectus</i> | 24.365498 | -106.589855 | Meik et al. 2007 (100 km N localidad tipo, municipio Cosalá)                                        |
| <i>M. e. neglectus</i> | 23.674681 | -106.583409 | Este estudio (ANP meseta de Cacaxtla, San Ignacio)                                                  |
| <i>M. e. neglectus</i> | 24.4029   | -106.613493 | Este estudio (Reserva Ecológica el Mineral de Nuestra Señora de la Candelaria, municipio de Cosalá) |

En cuanto *M. e. australis*, un primer ejemplar (MZFZ- IMG-187; Fig. 1) fue encontrado el 19 de agosto de 2016, en una zona de matorral espinoso con elementos de bosque tropical caducifolio en la localidad de Genaro Estrada a 26 km al noreste de la cabecera municipal de Sinaloa de Leyva (25.989748°N, 108.419438° O, altitud 118 m). El 17 de diciembre de 2016, se registra un segundo individuo (MZFZ-IMG-188; Fig. 1) aproximadamente 28 km al noroeste de Genaro Estrada. El ejemplar fue observado en una ladera rocosa con vegetación de selva baja caducifolia, dentro del Rancho Machochin (26.119785 °N, 108.653720 °O, altitud 248 msnm), en San Blas, municipio de El Fuerte. Finalmente, un tercer individuo (MZFZ-3740; Fig. 1) fue recolectado el 16 de enero de 2019 en la Sierra de Barobampo (26.021031 °N, 109.03768 °O, altitud 196 msnm). El ejemplar, se encontró entre rocas rodeadas de vegetación de matorral sarco-crasicaule y elementos de selva baja caducifolia. A partir de estos registros

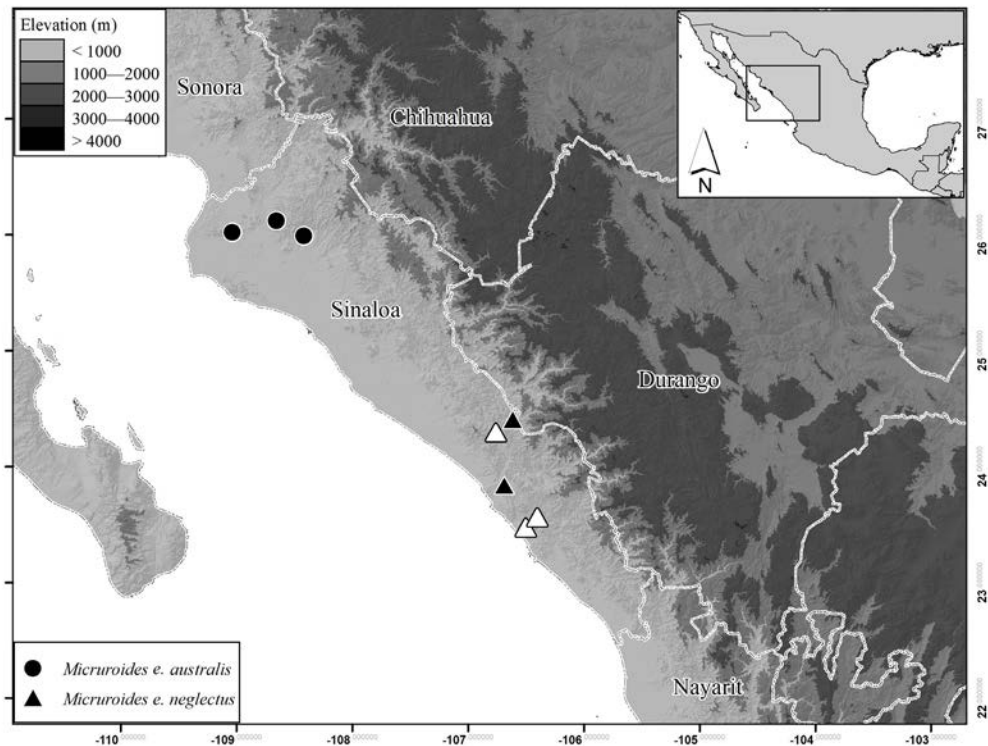
se extiende la distribución conocida para esta subespecie en 106 km (línea aérea) al sur de la localidad tipo en Guirocoba, Sonora, México (Fig. 2).

Con base en los registros presentados, *M. euryxanthus* está presente en seis municipios del estado de Sinaloa; tres de ellos con la presencia de *Micruroides e. neglectus* y tres en los que se encuentra *M. e. australis* (Fig. 2). En cuanto a los modelos de distribución potencial, para *M. e. neglectus* el valor arrojado de la ROC parcial fue alto (1.93) por lo que se considera un buen rendimiento del modelo y las variables ambientales con alto porcentaje de contribución son, la oscilación anual de la temperatura (°C) (Coeficiente entre parámetros 5 y 6) (BIO 7) (52.2%) y la temperatura promedio del cuatrimestre más frío (BIO 11) (32.4%). Por su parte para *M. e. australis* el valor arrojado de la ROC parcial fue alto (1.95) y se considera un buen modelo,



**Figure 1.** Representatives of *Micruroides euryxanthus australis* from Sinaloa. A) Genaro Estrada (MZFZ- IMG-187); B) 28 km northeast of Genaro Estrada (MZFZ-IMG-188); C) Sierra Barobampo, Ahome (MZFZ-3740).

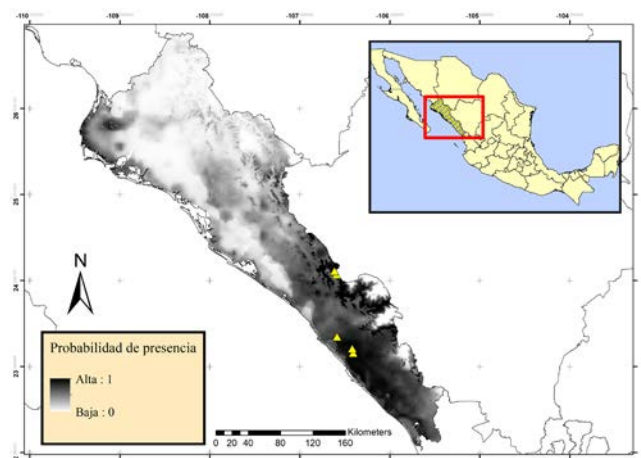
**Figura 1.** Ejemplares de *Micruroides euryxanthus australis* en el estado de Sinaloa. A) Genaro Estrada (MZFZ- IMG-187); B) 28 km al noroeste de Genaro Estrada (MZFZ-IMG-188); C) Sierra Barobampo, Ahome (MZFZ-3740).



**Figure 2.** Distribution of *Micruroides* in Sinaloa state. The black symbols represent the new records and white symbols represent historical records.

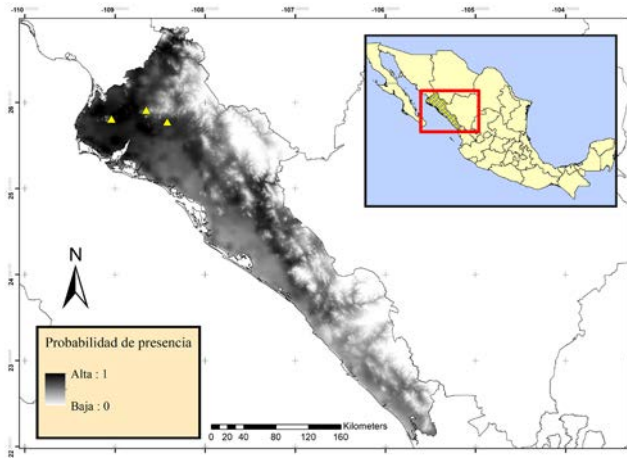
**Figura 2.** Distribución del género *Micruroides* en el estado de Sinaloa. Los símbolos negros representan los nuevos registros y los símbolos blancos los registros históricos.

las variables ambientales con alto porcentaje de contribución fueron la precipitación del periodo más seco (BIO 14) (68.4%) y la estacionalidad de la temperatura (Coeficiente de variación en %) (BIO 4) (12%). De acuerdo con los índices de idoneidad, la distribución potencial de *M. e. neglectus* parte del centro de Sinaloa hacia el sur para continuar en el estado de Nayarit (Fig. 3). Por su parte la distribución potencial de *M. e. australis* proviene desde Sonora y va disminuyendo la probabilidad de encontrar a la especie hacia el centro sur del estado de Sinaloa (Fig. 4). En ambos casos la distribución potencial muestra una afinidad biogeográfica, con *M. e. australis* la Provincia de Sonora y *M. e. neglectus* a la provincia Pacífica (Morrone et al., 2017). Los registros obtenidos a la fecha y el resultado de los modelos de distribución potencial sugieren que ambos taxones no se encuentran en simpatria en el estado, sin embargo, se requiere trabajo de campo, en particular en el centro del estado para corroborar esta afirmación.



**Figure 3.** Distribution model of *M. e. neglectus* in Sinaloa state. The yellow triangles represent occurrence records.

**Figura 3.** Modelo de distribución de *M. e. neglectus* en el estado de Sinaloa. Los triángulos amarillos representan los registros de presencia.



**Figure 4.** Distribution model of *M. e. australis* in Sinaloa state. The yellow triangles represent occurs records.

**Figura 4.** Modelo de distribución de *M. e. australis* en el estado de Sinaloa. Los triángulos amarillos representan los registros de presencia.

**Agradecimientos.**— Parte del trabajo de campo fue financiado por la Dirección General de Apoyo al Personal Académico, Universidad Nacional Autónoma de México (IN-216619) y CONACyT (A1-S-37838) a Uri Omar García-Vázquez. El trabajo de campo fue realizado bajo el permiso de colecta FAUT-0243 otorgado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales a Uri Omar García-Vázquez.

## LITERATURA CITADA

- Ahumada-Carillo, A., R.A. Carbajal-Márquez, M.A. López-Cuellar & G.N. Weatherman. 2018. Family Elapidae, The Sonoran Coralsnake, *Micruroides euryxanthus* (Kennicott, 1860) in the state of Jalisco, Mexico. *Mesoamerican Herpetology* 5:185-188.
- Bezy, R.L., P.C. Rosen, T.R. Van Devender & E.F. Enderson. 2017. Southern distributional limits of the Sonoran Desert along the mainland coast of northwestern Mexico. *Mesoamerican Herpetology* 4:138-167.
- Boger, C.M. & J.A. Oliver. 1945. A preliminary analysis of the herpetofauna of Sonora. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 83:297-426.
- Campbell, J.A. & W.W. Lamar. 2004. *The venomous reptiles of the western hemisphere*. Cornell Univ. Press, Ithaca, New York, USA.
- Cruz-Sáenz, D., C.E. Gudiño-Larios, C.D. Jimeno-Sevilla, R.L. Velázquez, & J. Cortés-Aguilar. 2008. *Guía de Reptiles y Anfibios de Arcediano*. Comisión Estatal de Agua, Gobierno de Jalisco, Guadalajara, Jalisco, México.
- 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 status. *Mesoamerican Herpetology* 4:22-118.
- Duellman, W.E. 1957. Notes of snakes from the Mexican state of Sinaloa. *Herpetologica* 13:237-240.
- 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.
- Hardy, L.M. & R.W. McDiarmid. 1969. *The amphibians and reptiles of Sinaloa, México*. University of Kansas Publications of the Museum of Natural History 18: 39-252.
- Lemos-Espinal, J.A. & H.M. Smith. 2009. Claves para los anfibios y reptiles de Sonora, Chihuahua y Coahuila, México. Universidad Nacional Autónoma de México-University of Colorado at Boulder-Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad, México.
- Meik, J.M., E.N. Smith & A.A. Mendoza. 2007. Rediscovery of the rare coralsnake *Micruroides euryxanthus neglectus* (Serpentes: Elapidae). *Herpetological Review* 38:293-294.
- Morrone, J.J., T. Escalante & G. Rodríguez-Tapia. 2017. Mexican biogeographic provinces: Map and shapefiles. *Zootaxa* 4277:277-279.
- Osorio-Olvera, L., A. Lira-Noriega, J. Soberón, A. Townsend-Peterson, M. Falconi, R.G. Contreras-Díaz, E. Martínez-Meyer, V. Barve & N. Barve. 2020. Ntbox: an R package with graphical user interface for modeling and evaluating multidimensional ecological niches. *Methods in Ecology and Evolution* 11: 1199-1206.
- Peterson, A.T., M. Papeç & J. Soberón. 2008. Rethinking receiver operating characteristics analysis applications in ecological niche modeling. *Ecological modelling* 213:63-72.
- Phillips, S.J., R.P. Anderson & R.E. Schapire. 2006. Maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecology Modelling* 190:231-259.

- Roze, J.A. 1967. A check list of the new world venomous coral snakes (Elapidae) with descriptions of new forms. American Museum Novitates 287:1-60
- Roze, J.A. 1974. *Micruroides*, *M. euryxanthus*. Catalogue of American Amphibians and Reptiles 163:1-4.
- Slowinski, J.B. 1995. A phylogenetic analysis of the new world coral snakes (Elapidae: *Leptomicrurus*, *Micruroides* and *Micrurus*) based on allozymin and morphological characters. Journal of Herpetology 29:325-338.
- Woolrich-Piña, G.A., 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 3:375-448.
- Webb, R.G., 1984. Herpetogeography in the Mazatlán-Durango region of the Sierra Madre Occidental, Mexico. Pp. 217-241. En Seigel, R.A., L.E Hunt, J.L. Knight, L. Malaret & N.L. Zuschlog (Eds.), Vertebrate Ecology and Systematics. A Tribute to Henry S. Fitch. University of Kansas Museum of Natural History Special Publication 10.
- Zweifel, R.G & K.S. Norris. 1955. Contribution to the herpetology of Sonora, México: descriptions of new subspecies of snakes (*Micruroides euryxanthus* and *Lampropeltis getulus*) and miscellaneous collecting notes. The American Midland Naturalist 54:230-249.



INDOTYPHLOPS BRAMINUS (DAUDIN, 1803), TYPHLOPIDAE

JULIO CÉSAR CASTAÑEDA-ORTEGA & SALVADOR GUZMÁN-GUZMÁN  
Facultad de Biología Universidad Veracruzana Campus Xalapa.  
\*Correspondence: juliocesarcortega@gmail.com

*Indotyphlops braminus* (Daudin, 1803). Distribución. La serpiente ciega enana es una especie minadora de hábitos estrictamente subterráneos, habita enterrada en galerías que ella misma elabora (Zamora–Camacho, 2016), es originaria de la India, donde tiene una amplia distribución (Lorvelec et al., 2016). En etapa adulta no suele sobrepasar los 175 mm de largo y los 5 mm de diámetro (Rato et al., 2014), su reproducción es asexual, se le considera como un organismo partenogenético obligado ante la ausencia de machos que fertilicen a la hembra, por lo que se puede construir una población con base en un solo individuo (Joger et al., 2008; Booth & Schuett, 2015).

Las poblaciones de *Indotyphlops braminus* están compuestas exclusivamente de hembras triploides. Estas ovopositan pequeños grupos de entre 1 y 8 huevos y tienen un periodo de incubación de hasta 58 días (Ota et al., 1991; Ineich et al., 2017). Los neonatos eclosionan con un tamaño que ronda los 53 mm de longitud (Vitt & Caldwell, 2013; Wagenveld & Kluskens, 2017). Es una especie invasora que migra oculta entre las raíces de plantas transportadas con fines principalmente agrícolas y ornamentales (Zamora–Camacho, 2016). Existen reportes de su presencia en Asia, Oceanía, África y América (Rato et al., 2014).

En este trabajo se registra la colecta de cuatro crías y dos adultos (Fig. 1 se muestra un organismo adulto) de la serpiente *Indotyphlops braminus* en diferentes calles del centro de la ciudad de Xalapa,



Figure 1. Adult specimen of *Indotyphlops braminus* (Photo: Salvador Guzmán-Guzmán).  
Figura 1. Ejemplar adulto de *Indotyphlops braminus* (Fotografía: Salvador Guzmán-Guzmán).

Table 1. Size and place of collection of *Indotyphlops braminus* specimens in the city of Xalapa, Veracruz.  
Tabla 1. Tamaño y lugar de colecta de ejemplares de *Indotyphlops braminus* en la ciudad de Xalapa, Veracruz.

| Individuos (Número de catálogo) | Longitud total     | Fecha de colecta   | Lugar de colecta (Coordenadas)                                      |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Cría (UV 0899)                  | 58 mm              | Agosto 11 2015     | Antiguo cementerio municipal de Xalapa (19.5348683 N, 96.9174683 W) |
| Cría (UV 0900)                  | 48 mm              | Agosto 11 2015     | Antiguo cementerio municipal de Xalapa (19.5348679N, 96.9174690 W)  |
| Cría (UV 0920)                  | 50 mm              | Agosto 28 2018     | Calle Betancourt (19.532044 N, 96.926771 W)                         |
| Cría (UV 0935)                  | 60 mm              | Septiembre 21 2019 | Avenida Manuel Ávila Camacho (19.528618 N, 96.928994 W)             |
| Adulto (UV 0902)                | 130 mm LHC, 4mm LC | Agosto 11 2015     | Calle General Adalberto Tejeda (19.5297121 N, 96.9121695 W)         |
| Adulto (UV 0901)                | 150 mm LHC, 4mm LC | Agosto 11 2015     | Antiguo cementerio municipal de Xalapa (19.5345951 N, 96.9175223 W) |

Veracruz. Se colectaron dos adultos y dos crías en el mes de agosto de 2015, una en agosto de 2018 y otra más en septiembre de 2019 (Tabla 1). Por lo que podemos inferir que las crías nacen a partir de julio, aunque Kamosawa y Ota (1996), registran que la ovulación comienza a mediados de mayo y la oviposición ocurre de mediados de junio a mediados de julio. Otros estados del país en los que existen reportes de avistamientos de esta serpiente son: CDMX, Baja California Sur, Durango, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Sinaloa, así como en la zona centro de Veracruz (Álvarez-Romero et al., 2008; Guzmán-Guzmán & Delgado, 2016). Los organismos fueron identificados por Salvador Guzmán Guzmán y depositados en el museo de zoología de la Facultad de Biología campus Xalapa de la Universidad Veracruzana, con los números de catálogo (UV 0899, UV 0900, UV 0901, UV 0902, UV 0920, UV 0935).

## LITERATURA CITADA

- Álvarez-Romero, J.G., R.A. Medellín, A. Oliveras, H. Gómez de Silva, & O. Sánchez. 2008. Animales exóticos en México: una amenaza para la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Ecología, UNAM, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D.F.
- Booth, W. & G. Schuett. 2015. The emerging phylogenetic pattern of parthenogenesis in snakes. *Biological Journal of the Linnean Society* 118:172-186.
- Guzmán-Guzmán, S. & L. Delgado. 2016. *Indotyphlops braminus* (Bramini Blind snake). *Herpetological Review* 47:426.
- Ineich, I., A. Wynn, C. Giraud, & V. Wallach. 2017. *Indotyphlops braminus* (Daudin, 1803): distribution and oldest record of collection dates in Oceania, with report of a newly established population in French Polynesia (Tahiti Island, Society Archipelago). *Micronesica* 1:1-13.
- Jorger, U., I. Bshema & F. Essghaier. 2008. First record of the parthenogenetic Brahminy blind Snake *Ramphotyphlops braminus* (Daudin 1083), from Libya (Serpente: Typhlopidae). *Herpetology Notes* 1:13-16.
- Kamosawa M., & H. Ota. 1996. Reproductive Biology of the Brahminy Blind Snake (*Ramphotyphlops braminus*) from the Ryukyu Archipelago, Japan. *Journal of Herpetology* 30:9-14.
- Lorvelec, O., J. Berchel & N. Barre. 2016. First report of the Flowerpot Blindsnake, *Indotyphlops braminus* (Daudin 1083), from La Désirade (Guadalupe Archipelago, the French West Indies). *Caribbean Herpetology* 55:1-2.
- Rato, C., I. Silva-Rocha, E. González-Miras, F. Rodríguez-Luque, B. Fariña, & M.A. Carretero. 2014. A molecular assessment of European populations of *Indotyphlops braminus* (Daudin 1083). *Herpetozoa* 27:179-182.
- Vitt, L. & J. Caldwell. 2013. *Herpetology. An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. Fourth Edition. Elsevier Academic Press. Netherlands.
- Wagensveld, T. & B. Kluskens. 2017. Guide to the monitoring of reptiles and amphibians of St. Eustatius. Stichting RAVON. Netherlands.
- Ota, H., T. Hikida, M. Matsui, A. Mori, & A.H. Wynn. 1991. Morphological variation, karyotype and reproduction of the parthenogenetic blind snake, *Ramphotyphlops braminus*, from the insular region of East Asia and Saipan. *Amphibia-Reptilia* 12:181-193.
- Zamora-Camacho, F. 2017. On the role of plant nurseries introducing *Indotyphlops braminus* (Daudin 1083), in Spain. *Herpetozoa* 30:69-72.



# NOTAS SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE *COLEONYX ELEGANS* (SQUAMATA: EUBLEPHARIDAE) CON REGISTROS DE EXTENSIÓN DE RANGO EN GUATEMALA

## NOTES ON THE DISTRIBUTION OF *COLEONYX ELEGANS* (SQUAMATA: EUBLEPHARIDAE) WITH EXTENSION RANGE RECORDS IN GUATEMALA

CESAR E. FUENTES-MONTEJO<sup>1</sup>, J. RENATO MORALES-MÉRIDA<sup>1,2</sup> & MARÍA JOSÉ CHANG<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Biología, Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad Universitaria, zona 12, Guatemala, Guatemala.

<sup>2</sup>Red Mesoamericana y del Caribe para la Conservación de Anfibios y Reptiles.

\*Correspondencia: majocha1512@gmail.com

En las tierras bajas de Alta Verapaz se encuentra la Ecorregión Lachuá. Perteneciente a la región fisiográfica del cinturón plegado de Lacandón, la cual se caracteriza por ser una región de origen Cárstico en el Cretácico Superior (Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar, 2004). La región está considerada como selvas altas y medianas perennifolias con precipitaciones anuales por arriba de los 2,500 mm (Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar, 2004). El área protegida de principal interés en la región es el Parque Nacional Laguna Lachuá (PNLL). Las amenazas principales del área son la fragmentación, la deforestación y el aumento de las plantaciones de Palma Africana (*Elaeis guineensis* Jacq.).

En el PNLL se encuentran especies emblemáticas de mamíferos como *Panthera onca* (Linnaeus, 1758), *Odocoileus virginianus* (Zimmermann, 1780), *Cuniculus paca* (Linnaeus, 1766) y *Pecari tajacu* (Linnaeus, 1758). Dentro de las especies icónicas de reptiles que se distribuyen en el área protegida se encuentra la especie *Crocodylus moreletii* (Dumeril & Bibron, 1851), una especie de cocodrilo que se encuentra también en México y Belice (Plan Maestro, 2003; PIMEL, 2004).

Dentro de la diversidad de reptiles que se encuentra en el área protegida está *Coleonyx elegans* Gray, 1845. La distribución conocida de esta especie para la vertiente del Pacífico va desde el sur de Nayarit, México hasta el oeste de El Salvador. Y para la vertiente Caribe va desde Veracruz, México, a lo largo de la península de Yucatán hasta el norte de Guatemala y Belice (Khöler, 2008). *C. elegans* es una lagartija nocturna que se encuentra principalmente en árboles huecos, debajo de rocas y troncos de árboles caídos, y se alimenta de arañas e insectos (Kalberlah, 1996).

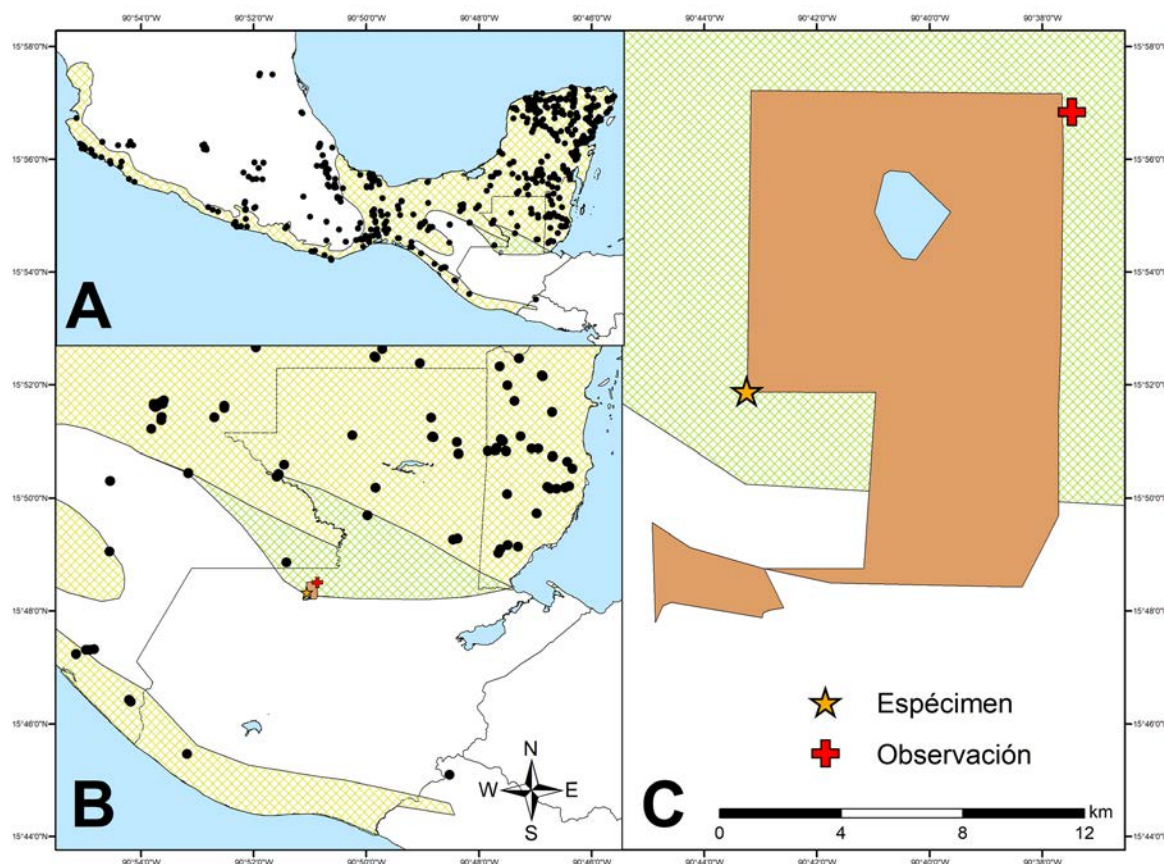
En Guatemala, la distribución de *C. elegans* se ha reportado desde las Montañas Mayas hasta tierras bajas de Yucatán, en la

vertiente del Caribe y a lo largo de la costa sur, en la vertiente del Pacífico (Sunyer et al., 2013). A pesar de que se ha dicho que esta especie se distribuye en la vertiente Caribe cubriendo mayor parte de las tierras bajas de Yucatán (Khöler, 2008), el rango de distribución descrito para esta especie no sigue ninguna barrera natural. En esta nota se presentan dos registros y dos localidades nuevas para *C. elegans* (Gray, 1845) en Guatemala.

Se realizaron viajes de campo a la Ecorregión Lachuá en Septiembre de 2017 y Marzo de 2018. En ambos viajes se realizaron muestreos en búsqueda de herpetofauna, en los cuales hubo encuentros fortuitos *in situ* de *C. elegans*. En el 2017 se colectó un individuo y en el 2018 se tomaron fotografías de otro individuo. Se revisaron bases de datos en línea (GBIF, 2020; iDigBio, 2020), literatura (Khöler, 2008) y autoridades de conservación, como la IUCN, para comparar la distribución conocida de esta especie. Con la información obtenida se generó un mapa de distribución con los rangos y registros conocidos, describiendo dos nuevos registros para la Ecorregión Lachuá y sugiriendo una extensión del área de distribución.

A partir de la revisión de bases de datos y literatura se encontraron 1 012 registros a lo largo de toda la distribución de la especie, con únicamente 19 registros para Guatemala, provenientes de dos departamentos (Petén y Retalhuleu, Fig. 1A-B, ver Tabla 1). El registro más antiguo basado en un espécimen preservado para Guatemala es de 1949 en Retalhuleu, y el más reciente es de 1977 en Petén (iDigBio, 2020), además de tres registros de observaciones disponibles en línea, de 1999, 2017 y 2019, todos del norte de Guatemala en el departamento de Petén (GBIF, 2020; iDigBio, 2020).

Durante los trabajos de campo en la Ecorregión Lachuá, se encontró por separado la presencia de *C. elegans* fuera de la distribución conocida. Primero, MJCA quien colectó



**Figure 1.** Geographic distribution of *Coleonyx elegans* including the two new records that suggests the extension of its area of distribution. The light green polygon represents the current known distribution based on IUCN, dark green polygon represents the proposed range extension, and the orange polygon represents the boundaries of PNLL. The star indicates the location where the specimen was collected and the cross indicates the location where the observation was made.

**Figura 1.** Distribución geográfica de *Coleonyx elegans*, incluyendo los dos nuevos registros que sugieren la ampliación de su área de distribución. El polígono verde claro representa la distribución conocida según IUCN, el polígono verde oscuro representa la extensión de rango propuesta, y el polígono naranja representa los límites del PNLL. La estrella indica la ubicación en donde se colectó el espécimen y la cruz indica la ubicación donde se hizo la observación.

**Table 1.** New records of *Coleonyx elegans* in Guatemala.

**Tabla 1.** Nuevos registros de *Coleonyx elegans* en Guatemala.

| Tipo de registro              | Latitud          | Longitud          |
|-------------------------------|------------------|-------------------|
| Especimen colectado (MJCA050) | 15° 51' 53.0382" | -90° 43' 14.8398" |
| Observación in situ           | 15° 56' 50.4168" | -90° 37' 28.3434" |

un espécimen (MJCA050) al margen del PNLL en cultivos comunitarios mixtos de la comunidad Santa Lucía Lachuá durante los muestreos de 2017 (Fig. 2 A-B). Posteriormente CEF observó y fotografió un individuo en la aldea Santa Lucía Lachuá, por el lado este del PNLL en 2018 (ver Tabla 1 y Fig. 2C-D). Estos encuentros representan nuevas localidades para *C. elegans*, con observaciones en un departamento nuevo de Guatemala (Alta Verapaz), a una altura aproximada de 186 msnm. Basados en esto, se propone una extensión del rango de distribución de, aproximadamente 16km al registro más cercano en México, de *C. elegans*, a lo largo de las tierras bajas de Quiché, Alta Verapaz e Izabal (Fig. 1B).



**Figure 2.** Field observations of *Coleonyx elegans* in Santa Lucía Lachúa village, east of PNLL. A-B) An adult specimen of *Coleonyx elegans* collected by MJCA (UVGF000017). C-D) A juvenile specimen of *Coleonyx elegans* observed and photographed by CFM (UVGF000018).

**Figura 2.** Observaciones de campo de *Coleonyx elegans* en la aldea Santa Lucía Lachúa, al este del PNLL. A-B) Un espécimen adulto de *Coleonyx elegans* colectado por MJCA (UVGF000017). C-D) Un espécimen juvenil de *Coleonyx elegans* observado y fotografiado por CFM (UVGF000018).

La importancia de conocer la distribución de las especies tiene implicaciones mayores en ecología, manejo de las especies y conservación (Broton et al., 2007). A pesar de que *C. elegans* se considera como una especie común a lo largo de su rango de distribución, los registros conocidos en Guatemala son pocos. Se provee nueva información que sugiere que el área de distribución de *C. elegans* es más grande de lo propuesto previamente en la vertiente del Caribe.

En la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN *C. elegans* está clasificado como “Preocupación menor” por su amplia distribución, abundancia y tolerancia a la perturbación de su hábitat (Sunyer et al., 2013). Sin embargo, esta especie tiene otro tipo de presiones como el comercio ilegal (Manuel Acevedo *com. pers.* 2018; Sunyer et al., 2013) y atropellamientos en la carretera aledaña al PNLL (Rojas Castillo, 2015). Estos registros son de importancia para la conservación de ésta y otras especies, ya que

al llenar estos vacíos de información se puede mejorar la toma de decisiones para la conservación en un área protegida dentro de un humedal considerado internacionalmente por la convención Ramsar (Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar, 2004), como lo es el PNLL.

Las nuevas localidades tiene presiones fuertes, especialmente por la construcción de una carretera que une los departamentos de Huehuetenango hasta Izabal, atravesando regiones Norte del PNLL, además de la deforestación continua en los alrededores del PNLL (MCIVI & DGC, 2005; Bullock et al., 2019), particularmente dada por los cultivos permanentes de Palma Africana, lo cual debe ser tomado en cuenta para promover los planes de conservación alrededor de esta área protegida y los reptiles que viven en los alrededores de la misma.

**Agradecimientos.**— Agradecemos a Julio Morales por su apoyo y coordinación durante los trabajos de campo, así como a Claudio

Méndez y Gustavo Ruano por su acompañamiento durante los talleres en la Ecorregión Lachuá. Agradecemos especialmente a Daniel Penados y Javier Blanco por el acompañamiento en los viajes de campo. Agradecemos a los dos revisores quienes hicieron importantes observaciones para mejorar este documento.

## LITERATURA CITADA

- Bullock, E.L., C. Nolte, A.R. Segovia & C.E. Woodcock. 2019. Ongoing forest disturbance in Guatemala's protected areas. *Remote Sensing in Ecology and Conservation* 6: 141-152.
- Brotons, L., Herrando, S., & Pla, M. 2007. Updating bird species distribution at large spatial scales: applications of habitat modelling to data from long-term monitoring programs. *Diversity and Distributions* 13:276-288.
- GBIF. 2020. GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.bquabk> [Consultado en Febrero 2020]
- Gray, J. E. 1845. Description of a new genus of night lizards from Belize. *Annals and Magazine of Natural History*, 16:162-163.
- iDigBio. 2020. iDigBio Occurrence Download <http://s.idigbio.org/idigbio-downloads/291ed979-68aa-4f9e-86c1-cb6dcd1b5e38.zip> [Consultado en Febrero 2020]
- Kalberlah, F. 1996. Haltung and Nachzucht von *Coleonyx elegans*. *Elaphe* 4:14-16
- Khöler, G. 2008. *Reptiles of Central America*. 2nd Edition. Herpeton, Germany.
- MCIVI & DGC. 2005. Construcción ampliación, rehabilitación y mejoramiento del Proyecto Franja Transversal del Norte y Acceso, Tramos: "Modesto Méndez –Finca La Trinidad", Acceso "Playa Grande – Ingenieros". Programa de pavimentación de vías. Diseño, Construcción, Inversión y Conservación (DCIC).
- Rojas Castillo, O.A. 2015. Identificación de las áreas de importancia para el paso de fauna silvestre a través de la carretera ubicada en el límite norte del Parque Nacional Laguna Lachuá (PNLL) mediante la medición de frecuencia de cruce y atropellamiento. Informe final de EPS realizado en la Ecorregión Lachuá con el apoyo de la Estación Biológica Santa Lucía Lachuá (EBSLL) y el Programa de Investigación y Monitoreo de la Ecorregión Lachuá (PIMEL). <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/EPSB243.pdf> [Consultado en Abril 2020]
- Sunyer, J., D. Ariano-Sánchez, & J. Lee. 2013. *Coleonyx elegans*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2013:e.T197470A2487594. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-2.RLTS.T197470A2487594.en> [Consultado en Febrero 2020].



# FIRST RECORD OF *EPICTIA BAKEWELLI* (LEPTOTYPHLOPIDAE) IN THE STATE OF JALISCO, MEXICO

## PRIMER REGISTRO DE *EPICTIA BAKEWELLI* (LEPTOTYPHLOPIDAE) EN EL ESTADO DE JALISCO, MÉXICO

EDGAR E. HERNÁNDEZ-JUÁREZ<sup>1\*</sup>, DANIEL CRUZ-SÁENZ<sup>1,2</sup>, ANDRÉS RODRÍGUEZ-LÓPEZ<sup>1</sup>, EDUARDO D. ROLDÁN-OLVERA<sup>1</sup> & GERARDO RAMOS-LEÓN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Km 15.5 Carretera Guadalajara-Nogales, Predio Las Agujas. C. P. 44101. A. P. 1-1919. Zapopan, JAL., México.

<sup>2</sup>Centro de Estudios en Zoología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, 1-1919, México

\*Correspondence: edmanuel97@hotmail.com

*Epictia bakewelli* (Oliver, 1937) is a threadsnake of the family Leptotyphlopidae that inhabits coastal regions on the Pacific slopes from Colima, through Michoacán and Guerrero, to Oaxaca (Smith & Taylor, 1945). Smith and Taylor (1945), described Jalisco as part of the distribution, but no records existed in zoological collections or museums. Heimes (2016) and Wallach (2016) did not consider the state of Jalisco as part of the distribution of *E. bakewelli*. The individuals collected closest to Jalisco are from Paso del Río, Colima (UMMZ 80228-80229; & EHT-HMS 3370; Oliver, 1937). The threadsnake species previously recorded from Jalisco include *Rena humilis* and *Rena bressoni* of the family Leptotyphlopidae. The genus *Epictia* has not been previously registered for the state (Cruz-Sáenz et al., 2017).

Here we present the first record of *E. bakewelli* for the state of Jalisco, Mexico. On November 8th, 2019, we found an individual of *E. bakewelli* (Fig. 1) while walking during a field trip to “El Llano en Llamas”, in the Municipality of Tuxcacuesco, 32 m north of state

highway 429 from El Grullo to Ciudad Guzmán and 2.91 km (by road) SE of Apulco, Jalisco (19.717°N, 103.885°W, WGS-84, 969m elevation). The threadsnake was found under a rock on a trail near a dry creek in a patch of secondary grassland surrounded by tropical deciduous forest. The individual measures 102 mm total length. According to Köhler's color guide book (2012) the color of body is dusky brown (285) with stripes of medium fawn (257); the pale spot on the head is sulphur yellow (80) and the pale tail tip is buff (5). The specimen we found was photographed and released later at the place of capture. The picture was deposited in the Digital Collection of the University of Texas at Arlington (UTADC 9538). The identification of the individual followed the diagnosis and map provided by McCranie & Hedges (2016) and Wallach (2016) and was verified by Larry David Wilson.

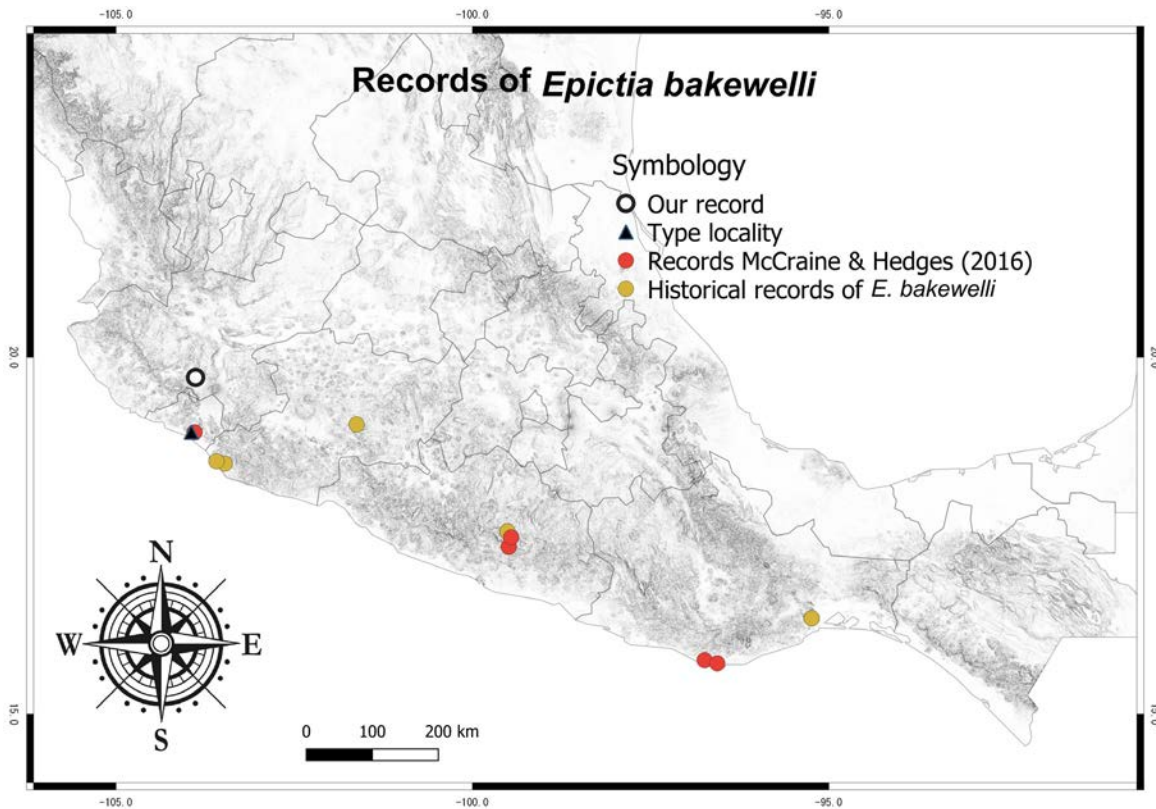
*Epictia bakewelli* is known from a few localities in western Mexico (Fig. 2). The type series collected at Hacienda Paso del Río, Colima (UMMZ 80228; Oliver, 1937); Smith (1943) recorded five specimens, one from Chilpancingo, Guerrero (NMNH 110305); two from Acahuitzotla, Guerrero (NMNH 110306 and 110307); one from La Salada, Periquillo, Municipality of Turicato, Michoacán (NMNH 46340), and the other from Tehuantepec, Oaxaca (NMNH 30295). Peters (1954) recorded 4 specimens from La Placita and one from Ostula in the municipality of Aquila, Michoacán.

This record extends the known distribution of *E. bakewelli* 85.6 km north of the nearest known locality in the type locality in Colima (UMMZ 80228), represents the first vouchered record for the state of Jalisco, and is probably the northernmost record of the species, competing with one record from central Michoacán provided by Wallach (2016) who did not cite localities on his map.



**Figura 1.** *Epictia bakewelli* (UTADC 9538) fotografiada en el municipio de Tuxcacuesco, estado de Jalisco, México.

**Figure 1.** *Epictia bakewelli* (UTADC 9538) photographed in the municipality of Tuxcacuesco, state of Jalisco, México.



**Figura 2.** Localidades (Oliver, 1937; Smith, 1943; Peters, 1954 y McCraine & Hedges, 2016) de *Epictia bakewelli* en México.

**Figure 2.** Localities (Oliver, 1937; Smith, 1943; Peters, 1954 and McCraine & Hedges, 2016) of *Epictia bakewelli* in Mexico.

**Acknowledgements.**— We thank Miguel Alejandro Sánchez Lara and Leonardo Ramírez Hernández for the help in early translation of the manuscript, Dr. Pandelis and Eric Smith of Digital Collection of University of Texas at Arlington for the voucher number, Dr. Aarón Rodríguez Contreras for the field trip, and Pedro Nahuat Cervera for the motivation to write this short article. We also thank Larry David Wilson and Aldo Dávalos Martínez for revision of this manuscript and the final corrections in translation.

## CITED LITERATURE

- 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.
- Heimes, P. 2016. *Herpetofauna Mexicana Vol. 1 Snakes of Mexico*. First Edition. Frankfurt am Main, Germany: Chimaira.
- Köhler, G. 2012. *Color Catalogue for Field Biologists*. Herpeton, Germany.
- McCrane, J.R., Hedges & S.B. 2016. Molecular phylogeny and taxonomy of the *Epictia goudotii* species complex (Serpentes: Leptotyphlopidae: Epictinae) in Middle America and northern South America. *PeerJ* 4:e1551.
- Oliver, J.A. 1937. Notes on a collection of amphibians and reptiles from the state of Colima, Mexico. *Occasional Papers of the Museum of Zoology, The University of Michigan* 360:1-30.
- Peters, J.A. 1954. The amphibians and reptiles of the coast and coastal sierra of Michoacán, México. *Occasional Papers of the Museum of Zoology, The University of Michigan* 554:1-37.
- Smith, H.M. 1943. Summary of the Collections of Snakes and Crocodilians Made in México Under the Walter Rathbone Bacon Traveling Scholarship. *Proceedings of the United States National Museum* 93:393-504.

- Smith, H.M. & Taylor, E.H. 1945. An Annotated Checklist and Key to the Snakes of México. Bulletin of the United States National Museum 187:1-239.
- Wallach, V. 2016. Morphological review and taxonomic status of the *Epictia phenops* species group of Mesoamerica, with description of six new species and discussion of South American *Epictia albifrons*, *E. goudotii*, and *E. tenella* (Serpentes Leptotyphlopidae: Epictinae). Mesoamerican Herpetology 3:216-374.



# A NEW DISTRIBUTION RECORD AND PREY ITEM FOR *OXYRHOPUS FITZINGERI* (REPTILIA: DIPSADIDAE) IN AREQUIPA, SOUTHERN PERU

## UN NUEVO REGISTRO DE DISTRIBUCIÓN Y PRESA PARA *OXYRHOPUS FITZINGERI* (REPTILIA: DIPSADIDAE) EN AREQUIPA, SUR DE PERÚ

NICOLAS W. MAMANI-CABANA

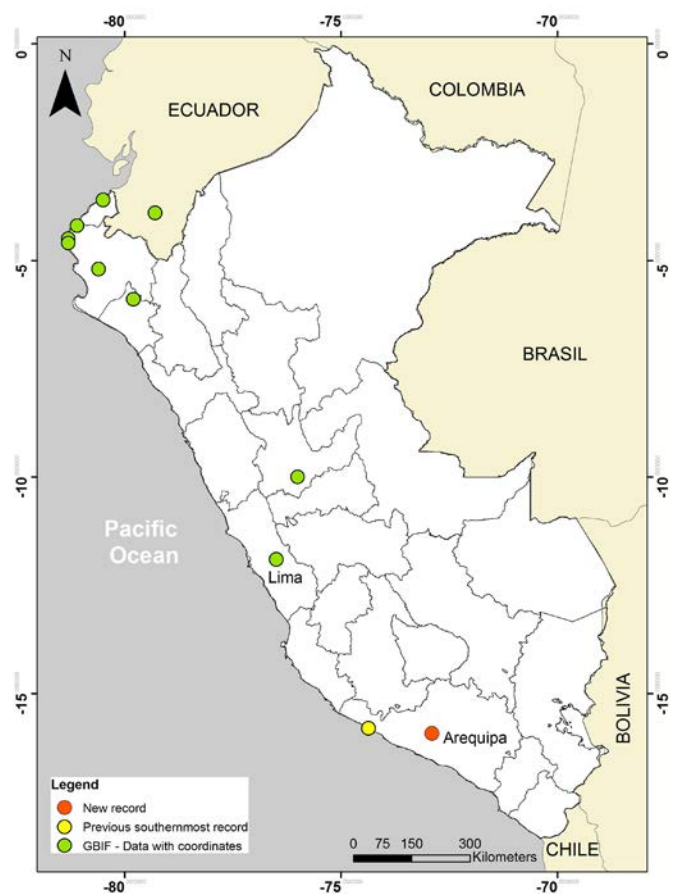
Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa (UNSA). Av. Alcides Carrión s/n. Arequipa, Perú

Tambo Valley Bird Observatory (TVBO). 04426. Arequipa, Perú

Correspondence: nmamanicabana@gmail.com

Fitzinger's False Coral Snake, *Oxyrhopus fitzingeri* (Tschudi, 1845) is a nocturnal snake that inhabits semiarid ecosystems (Schmidt & Walker, 1943; Carrillo & Icochea, 1995; Torres-Carbajal et al., 2019) and feeds on lizards and rodents (Guzmán & Flores, 2009). It is classified within the Pseudoboini tribe, Dipsadinae subfamily, family Dipsadidae (Vidal et al., 2010; Grazziotin et al., 2012). Although very little is known about this species, its conservation status is defined as Least Concern in the IUCN Red List (Perez & Quiroz-Rodriguez, 2016). Its current distribution extends from southwestern Ecuador to the Lomas of Atiquipa in Arequipa, southern Peru, and from 10 m to approximately 1830 m elevation (Pazmiño-Otamendi, 2019; Luque-Fernandez & Villegas, 2017; Schmidt & Walker, 1943). *Oxyrhopus fitzingeri* has two subspecies, *O. fitzingeri frizzelli* distributed from the north coast of Peru to southwest Ecuador and *O. fitzingeri fitzingeri* distributed along the central coast of Peru (Schmidt & Walker, 1943). Knowledge of this snake's ecology is quite limited, especially in southern Peru, as it is a species that went undetected for a long time. Herein we report a range extension and a new prey item for the species, based on a casual encounter during herpetological surveys. The identification of the individuals followed Schmidt and Walker (1943), Guzmán and Flores (2009) and local herpetologists' expertise. The distribution map (Fig. 1) shows the species occurrences taken from Global Biodiversity Information Facility (GBIF) (GBIF, 2020).

An individual *O. fitzingeri* was recorded on 24 December 2019 at 04:00 h in Chahuane, southeast Andaray district, Condesuyos province, Arequipa Department (15.92343° S, 72.90594° W; WGS 84; elev. 1659 m) (Fig. 1). The total length of the individual was approximately 1000 mm. It was found ingesting a lizard in an arid, rocky area (Fig. 2). The snake's sex could not be determined. This is the second report of the species in the Arequipa region and represents the southernmost occurrence in Peru. Furthermore,



**Figura 1.** Mapa de ubicación del nuevo registro (punto rojo) de *Oxyrhopus fitzingeri* ubicado aproximadamente a 155 km al sureste del registro más meridional previo (punto amarillo) y otros reportes (puntos verdes).

**Figure 1.** Location map of the new record (red dot) of *Oxyrhopus fitzingeri* recorded approximately 155 km to the southeast of the previous southernmost record (yellow dot) and others reports (green dots).



**Figura 2.** *Oxyrhopus fitzingeri* registrado el 24 de diciembre del 2019 alimentándose de un individuo de *Microlophus* sp. usando el método de constricción.

**Figure 2.** *Oxyrhopus fitzingeri* registered on 24 December 2019 feeding on an individual of *Microlophus* sp. using the constriction method.

the lizard was identified as *Microlophus* sp. (Squamata: Tropiduridae) and was observed being ingested head-first.

This record extends the documented distribution range of *O. fitzingeri* by approximately 155 kilometers to the southeast from the last locality reported by Luque-Fernandez and Villegas (2017). The reported individual is likely to be part of the subspecies *O. f. fitzingeri* due to its proximity to the closest population on the central coast of Peru, though this individual was not identified at the subspecies level. On the other hand, knowledge about the feeding ecology for this species is limited. Guzmán and Flores (2009) report that *O. fitzingeri* feeds on rodents and lizards. Other species of the genus *Oxyrhopus* include lizards from the same family in their diets (see Gaiarsa et al., 2013; Costa et al., 2014). Finally, it is possible that this species occurs in other locations in Arequipa such as coastal hills, the interior of a coastal valley in the region, and other southern regions of Peru.

**Acknowledgements.**— I would like to thank Erik Paterson, Sierra Jaeger and especially to Consuelo Alarcón for comments on earlier drafts of the manuscript and grammar. To Eduardo Almora García and Roy Santa Cruz Farfán for help with identifying the species.

## CITED LITERATURE

- Carrillo, N. & J. Icochea. 1995. Lista taxonómica preliminar de los reptiles vivientes del Perú. Publicación del Museo de Historia Natural (UNMSM), Serie A, Zoología 49:1-27.
- Costa, H.C., D.B. Provete & R.N. Feio. 2014. A new prey record for the Banded Calico Snake *Oxyrhopus petolarius* (Serpentes: Dipsadidae). *Herpetology Notes* 7:115-118.
- Gaiarsa, M.P., L.R. de Alencar & M. Martins. 2013. Natural history of Pseudoboine snakes. *Papéis Avulsos de Zoologia* 53:261-283.
- GBIF.2020. Global Biodiversity Information Facility. <https://doi.org/10.15468/dl.sbd fio> [Consulted on March 2020]
- Grazziotin, F.G., H. Zaher, R.W. Murphy, G. Scrocchi, M.A. Benavides, Y.P. Zhang & S.L. Bonatto. 2012. Molecular phylogeny of the new world Dipsadidae (Serpentes: Colubroidea): a reappraisal. *Cladistics* 28:437-459.
- Guzmán, R. & E. Flores. 2009. *Herpetofauna del departamento de Lima*, 1ra edición. Surco, Lima, Perú.
- Luque-Fernández, C. & L.V. Paredes. 2017. First record of the Fitzinger's False Coral Snake, *Oxyrhopus fitzingeri* (Tschudi, 1845) (Reptilia: Dipsadidae) in Atiquipa, southwestern Peru. *Check List* 13:2085.
- Pazmiño-Otamendi, G. 2019. *Oxyrhopus fitzingeri*. In: Torres-Carvajal, O., G. Pazmiño-Otamendi & Salazar-Valenzuela, D. 2019. *Reptiles del Ecuador*. Version 2019.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://bioweb.bio/faunaweb/reptiliaweb/FichaEspecie/Oxyrhopus%20fitzingeri>. [Consulted on January 2020]
- Perez, J. & A. Quiroz-Rodriguez. 2016. *Oxyrhopus fitzingeri*, In: IUCN 2020. The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2020-1 2016. <http://www.iucnredlist.org> [Consulted on January 2020]
- Schmidt, K.P. & W.F. Walker. 1943. Snakes of the Peruvian coastal region. *Zoological Series of Field Museum of Natural History* 24: 297-324.

- Torres-Carvajal, O., G. Pazmiño-Otamendi & D. Salazar-Valenzuela. 2019. Reptiles of Ecuador: a resource-rich portal, with a dynamic checklist and photographic guides. *Amphibian & Reptile Conservation* 13:209-229.
- Vidal, N., M. Dewynter & D.J. Gower. 2010. Dissecting the major American snake radiation: a molecular phylogeny of the Dipsadidae Bonaparte (Serpentes, Caenophidia). *Comptes Rendus Biologies* 333:48-55.
- Venegas, P.J. 2005. Herpetofauna del bosque seco ecuatorial de Perú: taxonomía, ecología y biogeografía. *Zonas áridas* 9:9-24.



# AMEROTYPHLOPS MICROSTOMUS (SQUAMATA: TYPHLOPIDAE)

ALVARO MONTER-POZOS<sup>1</sup>, PEDRO E. NAHUAT-CERVERA<sup>2,3\*</sup> & J. RIZIERI AVILÉS-NOVELO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>División de Ciencias Biológicas y de la Salud., Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco 186, Leyes de Reforma 1ra Secc. Del. Iztapalapa, C. P. 09340. Ciudad de México, México.

<sup>2</sup>Ekunel Península de Yucatán. Calle 52, número 670. Col. Centro. C.P. 97000. Mérida, Yucatán, México.

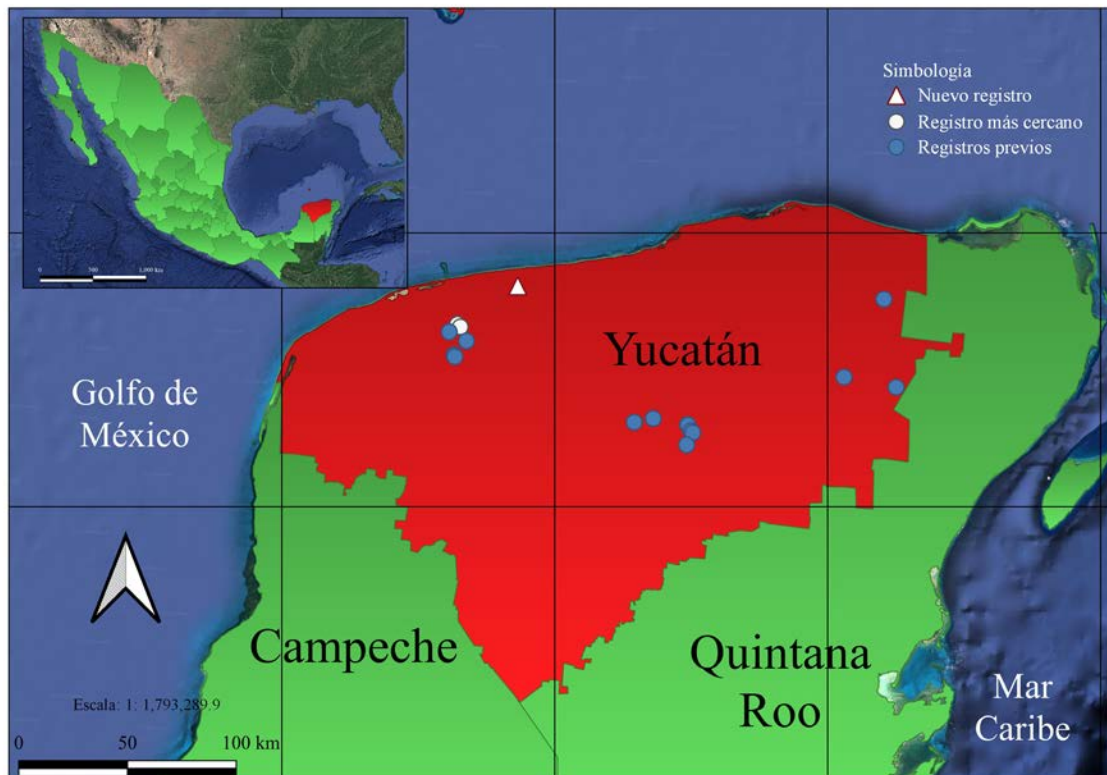
<sup>3</sup>Asociación Juvenil de Ciencia Yucatán. Calle 35-C x 60, Fraccionamiento Colonia Buenavista. C.P. 97215. Mérida, Yucatán, México

<sup>4</sup>Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán, Km 15.5 carr. Mérida-Xmatkuil, C.P. 97315. Mérida, Yucatán, México.

\*Correspondencia: pedro.nahuat4@gmail.com

**México: Yucatán:** Dzemul, 5.2 km al sur de la zona arqueológica X'Cambó (21.265197° N, 89.3483° O, WGS 84; 9 msnm), 18 de marzo de 2020 a las 09:12 h. Este reporte representa el primer registro de *Amerotyphlops microstomus* en el municipio de Dzemul, así como el registro más septentrional en la Península de Yucatán, ubicado a 32.4 km y 32.7 km de los registros más cercanos, en la localidad de Dzibilchaltún, municipio de Mérida,

Yucatán, México, con número de catálogo FMNH 153590 (GBIF, 2020) y 4481414 (iNaturalist, 2020), respectivamente, y a 7.7 km de la línea de la costa (Fig. 1). Individuo adulto (TL= 345 mm, peso = 8 g, Fig. 2), se encontró muerto con una pequeña lesión en la cabeza, posiblemente generada por algún ave. El cuerpo estaba sobre un camino de terracería rodeado por vegetación secundaria arbórea de selva baja espinosa caducifolia.



**Figure 1.** Geographic distribution of *Amerotyphlops microstomus* in the state of Yucatán, adding the new record of this species in the municipality of Dzemul. Blue circles represent the previous known localities, white circles are the closest known localities and the white triangle is the new record.

**Figura 1.** Distribución geográfica de *Amerotyphlops microstomus* en el estado de Yucatán, anexando el nuevo registro en el municipio de Dzemul. Los círculos azules representan las localidades previamente conocidas, los círculos blancos las localidades conocidas más cercanas al nuevo registro y el triángulo blanco el nuevo registro.



**Figure 2.** Adult *Amerotyphlops microstomus* from Dzemul, Yucatán, Mexico. Photograph: Alvaro Monter Pozos.

**Figura 2.** Ejemplar adulto de *Amerotyphlops microstomus* encontrado en Dzemul, Yucatán, México. Fotografía: Alvaro Monter Pozos.

Este registro incrementa a seis el número de municipios y a 10 el número de localidades conocidas con registro de *A. microstomus* en el estado de Yucatán (Lee, 1996; GBIF, 2020). El ejemplar fue encontrado y fotografiado por Alvaro Monter Pozos y verificado por José Rogelio Cedeño Vázquez. El registro fotográfico se depositó en la colección digital de The University of Texas at Arlington (UTADC 9563), Texas, USA.

**Agradecimientos.**— Agradecemos a José Rogelio Cedeño-Vázquez por la verificación del ejemplar encontrado, y a Gregory G. Pandelis por proporcionar los números de catálogo.

## LITERATURA CITADA

- GBIF.org. 2020. *Amerotyphlops microstomus* occurrence data. <https://doi.org/10.15468/dl.4p7mdk>. [Consultado el 02 de abril de 2020]
- Lee, J.C. 1996. The amphibians and reptiles of the Yucatán Peninsula. Cornell University Press. USA.



# NUEVOS REGISTROS DE *CRAUGASTOR YUCATANENSIS* (ANURA: CRAUGASTORIDAE) EN EL ESTADO DE YUCATÁN

## NEW RECORDS OF *CRAUGASTOR YUCATANENSIS* (ANURA: CRAUGASTORIDAE) IN THE STATE OF YUCATAN

PEDRO E. NAHUAT-CERVERA<sup>1,2\*</sup>, ALLAM H. TZAB-PECH<sup>3</sup>, AARÓN RODRÍGUEZ-BLANCO<sup>4</sup> & JUAN CRUZADO<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Ekunil Península de Yucatán. Calle 52, 670. Colonia Centro, C.P. 97000. Mérida, Yucatán, México.

<sup>2</sup>Asociación Juvenil de Ciencia Yucatán A.C. Calle 35-C por 60, Fraccionamiento Colonia Buenavista, C.P. 97215. Mérida, Yucatán, México.

<sup>3</sup>Calle 22, 121, Colonia Homún, C.P. 97580. Homún, Yucatán, México.

<sup>4</sup>Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán, Km 15.5. carr. Mérida-Xmatkuil, C.P.97315. Mérida, Yucatán, México.

<sup>5</sup>Calle 33, #351, Fraccionamiento Francisco de Montejo, Mérida, Yucatán, C.P. 97203, México.

\*Correspondencia: pedro.nahuat4@gmail.com

**México: Yucatán:** Municipio de Izamal, 6.4 km al este de Sitalpech (20.930461°N, 88.894790°O, WGS 84, 36 msnm), 31 de enero de 2020. Se observó un ejemplar adulto a las 19:30 h, justo después de una lluvia fuerte, la rana estaba activa sobre un cúmulo de rocas (Fig. 1A) rodeadas por vegetación secundaria y remanentes de selva baja caducifolia, a aproximadamente 18 m de la entrada a una caverna. El ejemplar fue encontrado y fotografiado por Aarón Rodríguez-Blanco. La fotografía se depositó en la colección digital de The University of Texas at Arlington (UTADC 9547). Esta observación representa el registro más al norte de *Craugastor yucatanensis*, así como el primer registro en el municipio de Izamal, Yucatán, encontrándose a 43.8 km al noroeste del registro más cercano en la zona arqueológica de Chichén Itzá, municipio de Tinúm, Yucatán, México (Carbajal-Márquez et al., 2019; Fig. 2).

**México: Yucatán:** Municipio de Homún, 2.6 km al este de Homún (20.734568°N, 89.259454°O, WGS 84, 28 msnm), 14 de marzo de 2020, 18:45 h; 3.8 km al noreste de Homún (20.741785°N, 89.247599°O, WGS 84), 14 de marzo de 2020, 21:00 h. Ejemplares encontrados y fotografiados por Pedro E. Nahuat-Cervera, Allam H. Tzab-Pech y Juan Cruzado. Los cuatro ejemplares se encontraron al interior de cavernas. Al encontrar cada ejemplar, estos se fotografiaron in situ (Fig. 1B-E), para posteriormente tomar datos morfológicos (Tabla 1), y las variables microambientales y del microhábitat (Tabla 2). Las fotografías se depositaron en la colección digital de The University of Texas at Arlington (UTADC 9548-9551). Estas observaciones representan los primeros registros de esta especie para el municipio de Homún, Yucatán, llenando un vacío de distribución entre las localidades conocidas más cercanas, 71 km al SO (Fig. 2), en las cavernas de Xpukil, municipio de

**Table 1.** Morphological data of the individuals of *Craugastor yucatanensis* reported in this note. Symbology: Snout to vent length (LHC), head width (AC), femur length (LF), foot length (LP), eardrum diameter (DT), eye diameter (DO).

**Tabla 1.** Datos morfológicos de los ejemplares de *Craugastor yucatanensis* reportados en esta nota. Simbología: Largo hocico-cloaca (LHC), ancho cabeza (AC), largo fémur (LF), largo pata (LP), diámetro del tímpano (DT), diámetro del ojo (DO).

| Número de catálogo | Localidad               | Sexo   | LHC  | AC | LF | LP | DT  | DO  |
|--------------------|-------------------------|--------|------|----|----|----|-----|-----|
| UTADC 9547         | Izamal, Yucatán, México | N/D    | -    | -  | -  | -  | -   | -   |
| UTADC 9548         | Homún, Yucatán, México  | Hembra | 36   | 14 | 17 | 16 | 3.5 | 5   |
| UTADC 9549         | Homún, Yucatán, México  | Macho  | 30.5 | 12 | 17 | 14 | 3   | 4   |
| UTADC 9550         | Homún, Yucatán, México  | Macho  | 31   | 12 | 18 | 14 | 3   | 4   |
| UTADC 9551         | Homún, Yucatán, México  | Hembra | 38   | 15 | 18 | 17 | 3   | 4.5 |



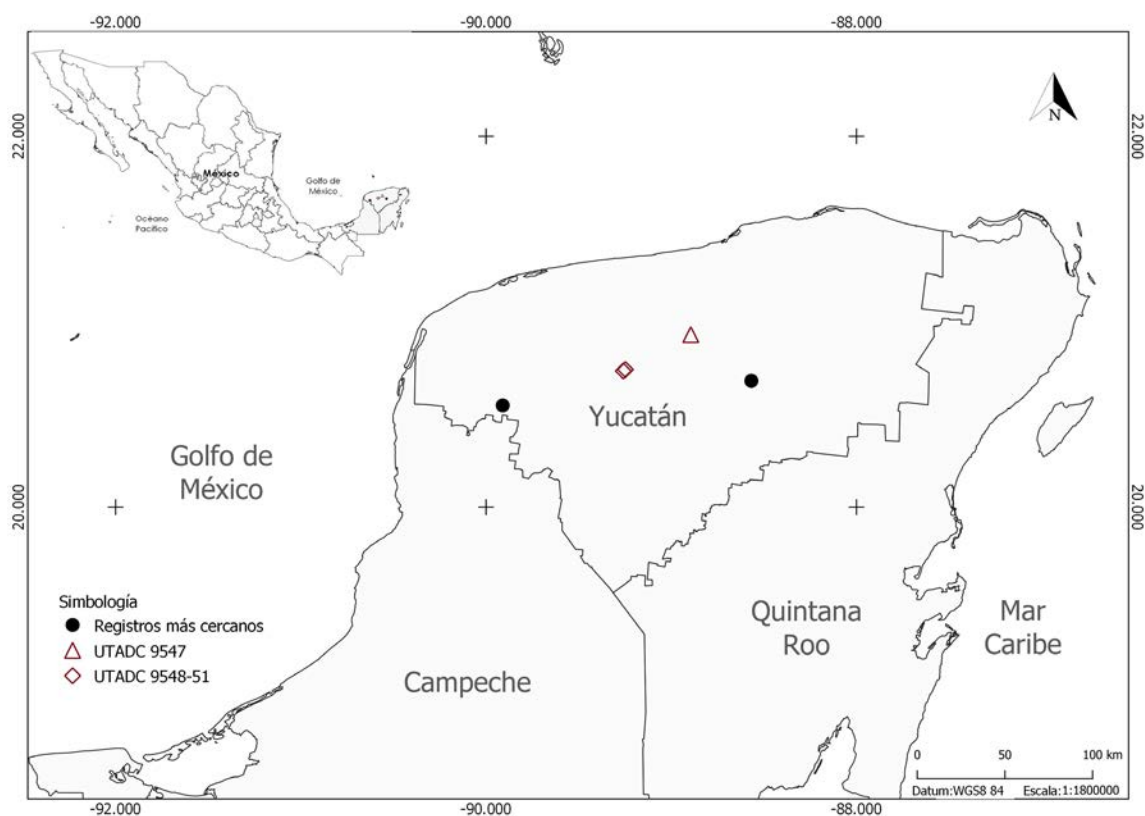
**Figure 1.** Specimens of *Craugastor yucatanensis*. Individual found in Izamal, Yucatán, (UTADC 9547) (A), Photo: Aarón Rodríguez-Blanco; Individuals found in Homún, Yucatán (UTADC 9548) (B), (UTADC 9549) (C), (UTADC 9550) (D), (UTADC 9551) (E), photo: Pedro E. Nahuat-Cervera.

**Figura 1.** Ejemplares de *Craugastor yucatanensis*. Individuo encontrado en Izamal, Yucatán (UTADC 9547) (A), fotografía: Aarón Rodríguez-Blanco; Individuos encontrados en Homún, Yucatán (UTADC 9548) (B), (UTADC 9549) (C), (UTADC 9550) (D), (UTADC 9551) (E), fotografía: Pedro E. Nahuat-Cervera.

**Table 2.** Microenvironmental and microhabitat variables. Symbology: vertical position (m) (Pv), environmental temperature (Ta), environmental relative humidity (Ha), microenvironmental temperature (Tm), microenvironmental relative humidity (Hm), substrate temperature (Ts), body temperature (Tc).

**Tabla 2.** Variables microambientales y del microhábitat. Simbología: Posición vertical (Pv), temperatura ambiental (Ta), humedad ambiental relativa (Ha), temperatura microambiental (Tm), humedad microambiental relativa (Hm), temperatura del sustrato (Ts), temperatura corporal (Tc).

| Número de Catálogo | Microhábitat | Pv     | Ta     | Ha    | Tm     | Hm    | Ts     | Tc     |
|--------------------|--------------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|
| UTADC 9548         | Pared rocosa | 0.77 m | 29.9°C | 75.2% | 29.4°C | 74.1% | 23.8°C | 23.8°C |
| UTADC 9549         | Sobre roca   | 0.63 m | 29°C   | 73.8% | 28.8°C | 70.2% | 22.5°C | 22.1°C |
| UTADC 9550         | Pared rocosa | 1.42 m | 28.1°C | 74.4% | 28.1°C | 73.2% | 22.6°C | 23.3°C |
| UTADC 9551         | Sobre roca   | 2.01 m | 28.9°C | 69.7% | 29.1°C | 72.7% | 23.0°C | 23.1°C |



**Figure 2.** New records of *Craugastor yucatanensis* (rhombus and triangle) and nearest published records (circles).

**Figura 2.** Nuevos registros de *Craugastor yucatanensis* (rombo y triángulo) y registros publicados más cercanos (círculos).

Opichén, Yucatán (Ortiz-Medina et al., 2016) y 72.2 km E, en la zona arqueológica de Chichén Itzá, Tinúm, Yucatán (Carbajal-Márquez et al., 2019). De acuerdo con Carbajal-Márquez et al. (2019), se pudo determinar el sexo de los ejemplares por medio de sus medidas morfológicas, identificando dos machos y dos hembras. La vegetación que rodea a las cavernas donde se encontraron los individuos de *C. yucatanensis* en el municipio de Homún se compone por selva baja caducifolia y vegetación secundaria.

**Agradecimientos.**— Agradecemos a José Rogelio Cedeño-Vázquez por la verificación de los ejemplares encontrados, a Christian García-Balderas por la información brindada sobre su observación y a Gregory G. Pandelis por proporcionar los números de catálogo.

## LITERATURA CITADA

- Carbajal-Márquez, R.A., L.F. Díaz-Gamboa, T. Ramírez-Valverde, C.M. García-Balderas, P.E. Nahuat-Cervera & J.R. Cedeño-Vázquez. 2019. Description of the male of *Craugastor yucatanensis* (Lynch, 1965) (Anura, Craugastoridae), its advertisement call, and additional data on females. *Zookeys* 900: 129-139.
- Ortiz-Medina, J.A., D.E. Chan-Espinoza & E. García-Padilla. 2016. *Craugastor yucatanensis*. Distribution Notes. *Mesoamerican Herpetology* 3:172.



# EPICRATES ALVAREZI (ÁBALOS, BAEZ & NADER, 1964) (SQUAMATA: BOIDAE)

VÍCTOR MAXIMILIANO PARDO<sup>1</sup>, LUCÍA MARTÍNEZ RETTA<sup>1</sup>, SAMUEL ERNESTO OLIVIERI BORNAND<sup>2</sup> & JUAN MANUEL PÉREZ IGLESIAS<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PROICO 2-2818, Secretaría de Ciencia y Técnica, Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia (FQByF), Universidad Nacional de San Luis (UNSL), San Luis D5700, Argentina.

<sup>2</sup>Cuerpo de Guardaparques de la provincia de San Luis.

<sup>3</sup>Área de Biología, Laboratorio de Química Analítica Ambiental (LAQAA), Instituto de Química de San Luis (INQUISAL – CONICET). Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia. Universidad Nacional de San Luis (UNSL), San Luis D5700, Argentina.

Correspondence: [juanmapi@gmail.com](mailto:juanmapi@gmail.com)

**Argentina: San Luis:** Localidad de Luján, Departamento Ayacucho. Campo de San Vicente (32,24275° S; 66,2369722° O, 563 msnm) y en cercanías de la Reserva Natural Estricta Quebrada de las Higuieritas (32,391812° S; 65,917858° O, 651 msnm). Los registros ocurrieron durante los días 10 de febrero de 2015 (1er registro) y 4 de mayo de 2019 a las 11:32 a.m. (2do registro). Estos reportes constituyen los primeros registros para *Epicrates alvarezi* para la provincia de San Luis (Argentina). Los especímenes fueron observados, fotografiados (Fig. 1 A-B; Pérez Iglesias, 2019; iNaturalist 2020: 70188356) y posteriormente liberados. El primer ejemplar, individuo adulto de *E. alvarezi* de un largo aproximado de 1m. (Fig. 1A; iNaturalist number: 70080543),

se registró en los alrededores de la localidad de Luján, sobre la carretera asfaltada Braulio Moyano, en cercanías de la reserva Quebrada de las Higuieritas. En tanto, el segundo ejemplar (Fig. 1B; Pérez Iglesias, 2019; iNaturalist number: 70188356), juvenil de *E. alvarezi* de 45 cm de largo fue registrado sobre sustrato arenoso en la entrada de una madriguera de vizcachas (*Lagostomus maximus*) ubicada a 200 m de una vivienda local. La región se caracteriza por ambientes abiertos perturbados con desmonte y ganadería. La vegetación del área corresponde a la ecorregión de Chaco Serrano, se caracteriza por abundante herbáceas como la jarilla hembra (*Larrea divaricata*) y árboles como el tala (*Celtis ehrenbergiana*), algarrobo chileno (*Prosopis chilensis*), algarrobo



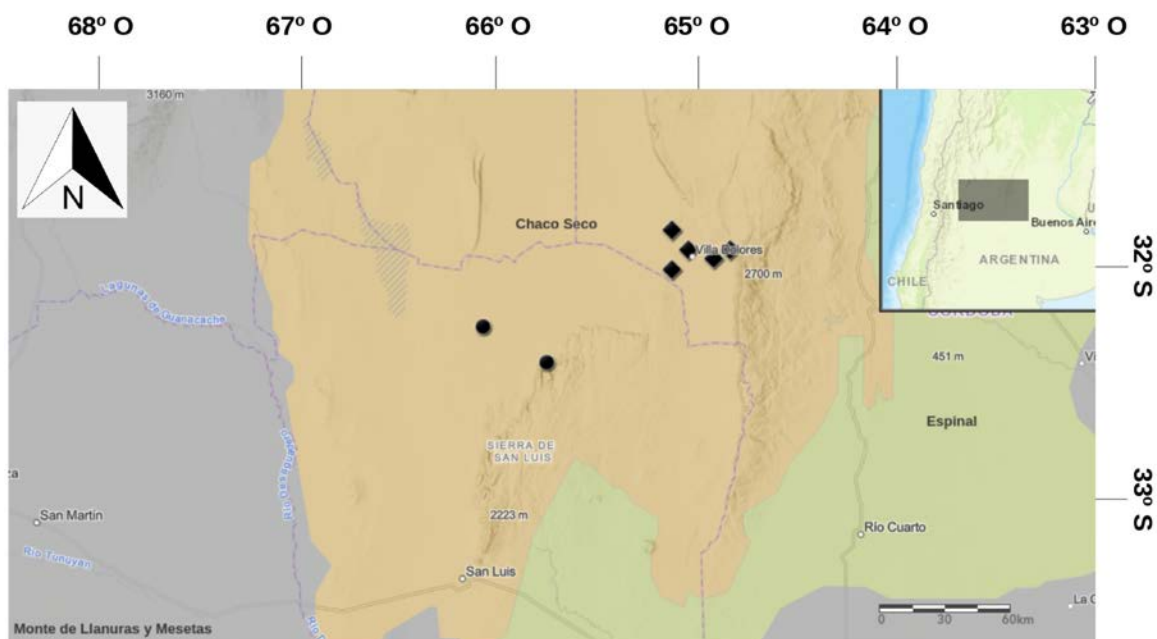
**Figure 1.** First individuals of *Epicrates alvarezi* found in San Luis province (Argentina) in the phytogeographic region of the Chaco Seco. A. (left) First specimen found on the route in the locality of Luján (San Luis) near the Reserva Natural Quebrada de Higuieritas. B. (right) Second specimen of rainbow boa registered for the locality of Luján (San Luis) in a sandy substrate of a neighborhood field. Figure reposition data base: Pérez Iglesias, Juan Manuel (2019): Boa arcoiris\_01. figshare. DOI Figure. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11465394.v1>. Pérez Iglesias, Juan Manuel (2019): Boa arcoiris\_02. figshare. DOI Figure. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11465436.v1>. iNaturalist reposition: <https://www.inaturalist.org/photos/70188356>, <https://www.inaturalist.org/photos/70080543>.

**Figura 1.** Primeros ejemplares de *Epicrates alvarezi* encontrados en la provincia de San Luis en la región fitogeográfica del Chaco Seco. A. (izquierda) Primer ejemplar hallado sobre la ruta en la localidad de Luján (San Luis) cercano a la Reserva Natural Quebrada de Higuieritas. B. (derecha) Segundo ejemplar de boa arcoiris registrado para la localidad de Luján (San Luis) en sustrato arenoso de un campo vecinal. Figure reposition data base: Pérez Iglesias, Juan Manuel (2019): Boa arcoiris\_01. figshare. Figure. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11465394.v1>. Pérez Iglesias, Juan Manuel (2019): Boa arcoiris\_02. figshare. Figure. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11465436.v1>. iNaturalist repositorio: <https://www.inaturalist.org/photos/70188356>, <https://www.inaturalist.org/photos/70080543>.

negro (*Prosopis nigra*) y brea o palo mantecoso (*Parkinsonia praecox*) (Cabrera, 1976; Oyarzabal et al., 2018). Los días de los registros, la temperatura fue de aproximadamente 19.5 °C, con cielo parcialmente nublado y sin registros de lluvias en las 48h previas. Cabe destacar que durante los días de muestreo que se realizaron por la zona, se registró un espécimen adulto de *Boa constrictor occidentalis* en el mismo sitio donde se encontró el segundo ejemplar de *E. alvarezi*. Sumado a esto, en el segundo ejemplar encontrado se destacó una cicatriz en el ojo derecho, el cuál estaba completamente ausente. Estos importantes registros son los primeros de la *E. alvarezi* en la provincia San Luis y extienden la distribución aproximadamente 85 km hacia el sur-oeste de Argentina y del Chaco Seco, respecto de los últimos registros para la especie en la zona, según lo mencionado por Di Cola et al. (2008) para la provincia de Córdoba (31.999975° S, 65.291689° W), constituyendo así los registros más australes y occidentales de esta especie (Fig. 2). Es importante señalar que previamente la especie no había sido citada oficialmente para la provincia de San Luis (Passos & Fernandes, 2008; Chiaraviglio

et al., 2012; Giraudo et al., 2012; Cabrera, 2017). Sin embargo, es importante mencionar que estos registros también corroboran el área de distribución propuesta para la especie según lo modelado por Di Cola et al. (2008) que según este estudio abarcaría la región del Chaco Seco en San Luis (Argentina) y lo mencionado por Riviera et al. (2011), Nori et al. (2011) y Jofré et al. (2013), quienes destacan que sería posible encontrar *E. alvarezi* en San Luis (Argentina).

*Epicrates alvarezi*, comúnmente llamada Boa Arco Iris Argentina, es una especie endémica y se caracteriza por estar presente en ambientes boscosos secos, de hábito terrestre (ocasionalmente trepa a los árboles) y predominantemente actividad nocturna o crepuscular. *E. alvarezi* presenta requisitos de hábitat específicos, siendo la especie más meridional del género, presente inclusive en ambientes áridos siendo representativa de la región semiárida del Gran Chaco (Di Cola et al., 2008; Rivera et al., 2011; Cabrera, 2017). En este sentido, estos nuevos registros proporcionan información valiosa para la



**Figure 2.** Distribution map of *Epicrates alvarezi* for the southern zone of the Chaco Seco. The black triangles denote the last records of the species for the Córdoba province (Argentina); and the black circles shows the first records for the species in San Luis province (Argentina) and its new distribution range. The colored areas show an approximation of the phytogeographic regions in the province of San Luis (Argentina): Monte (blue), Chaco Seco (orange), Espinal and Pampeana (green).

**Figura 2.** Mapa de distribución de *Epicrates alvarezi* para la zona sur del Chaco Seco. Los triángulos negros denotan los últimos registros de la especie para la provincia de Córdoba (Argentina); y los círculos negros muestran los primeros registros para la especie en San Luis (Argentina) y su extensión de distribución. Las áreas coloreadas muestran una aproximación de las regiones fitogeográficas en la provincia de San Luis (Argentina): Monte (azul), Chaco Seco (naranja), Espinal y Pampeana (verde).

especie debido a su estado de conservación como "amenazada" de acuerdo a la Asociación Herpetológica de Argentina, AHA (Chiaraviglio et al., 2012; Giraudo et al., 2012). Es importante mencionar que el cambio con respecto a la categorización previa (Lavilla et al., 2002), de especie vulnerable a amenazada, se debe al hecho de que es un endemismo ecorregional con un hábitat muy afectado por la degradación acelerada.

En este contexto, nuestros hallazgos revisten importancia dado que los sitios donde fueron registrados los ejemplares de Boa Arco Iris Argentina tienen poca o nula perturbación (hallándose inclusive en las cercanías de la Reserva Natural Estricta Quebrada de las Higueritas); por lo cual debería prestarse particular énfasis en seguir conservando estas regiones ecotonaes. Además, se reportó que en los boidos los parámetros reproductivos tales como frecuencia reproductiva, la frecuencia de eventos reproductivos, el volumen testicular, la condición de machos y hembras e inclusive el tamaño de la desova son afectados por la degradación del hábitat (Chiaraviglio et al., 2012). Por esta razón, una de las causas propuestas para esta categorización es la expansión de la frontera agrícola, con una alta tasa de deforestación anual en la ecoregión del Chaco Seco (Chiaraviglio et al., 2012). Particularmente, en la provincia de San Luis una de las cuatro provincias fitogeográficas es el Chaco, que contiene las eco-regiones del Chaco serrano y Chaco Seco, por lo cual convergen muchos endemismos en regiones ecotonaes (Cabrera, 1976; Oyarzabal et al., 2018).

En este contexto, la presencia de la especie es una razón más para la preservación del bosque del Chaco mediante políticas ambientales provinciales y nacionales (Ley N° IX-06972019). Este bosque se encuentra actualmente amenazado por el desmonte, la expansión de la agricultura y el crecimiento de las ciudades (Torrella & Adámoli, 2006). Sumado a los problemas ambientales mencionados anteriormente, la presencia de otras actividades antrópicas en la región del Chaco en San Luis, como la minería proveniente de antiguas prácticas mineras que cesaron y al no haber realizado tratamientos posteriores, han acidificado el agua de ríos de cabecera en La Carolina (Tripole & Corigliano, 2005) o nuevos proyectos de minería a cielo abierto como la mina de litio Géminis en la localidad San Francisco del Monte de Oro (Latin Resources Australia, 2020); resalta la importancia en preservación y conservación de estos sitios ecotonaes.

Por lo tanto, sería importante dar prestar atención a las áreas ecotonaes forestales (Monte - Chaco Seco y Serrano) no perturbadas al momento de tomar decisiones para una efectiva conservación biológica de las especies. Finalmente, este hallazgo representa la necesidad de aumentar los estudios sobre reptiles

en la provincia, en los que durante más de 15 años no se han realizado nuevos informes de la lista informada por Ávila y Carrizo (2003).

**Agradecimientos.**— Al Dr. Julián Faivovich, especialista y curador de la colección del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, por su ayuda brindada para corroborar los registros y la correcta identificación de los ejemplares. También agradecemos especialmente a la Dra. Ailin Gatica por su ayuda y colaboración para la creación de los mapas de distribución.

## LITERATURA CITADA

- Avila, L.J. & G.R. Carrizo. 2003. Lista comentada y distribución geográfica de la herpetofauna de la provincia de San Luis, Argentina. *Acta Zoológica Lilloana* 47:93-115.
- Cabrera, A.L. 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Tomo II, Fascículo 1. ACME SACI (Eds.), Buenos Aires, Argentina.
- Cabrera, M.R. 2017. Reptiles del centro de Argentina. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Cardozo, G. & M. Chiaraviglio. 2008. Landscape changes influence the reproductive behaviour of a key 'capital breeder' snake (*Boa constrictor occidentalis*) in the Gran Chaco region, Argentina. *Biological Conservation* 141:3050-3058.
- Chiaraviglio, M., G. Cardozo, P. Rivera, V. Di Cola, A.R. Giraudo & V. Arzamendia. 2012. *Epicrates alvarezi* (Ábalos, Baez & Nader, 1964). Boa arco iris chaqueña. En *Categorización del Estado de Conservación de la Herpetofauna de la República Argentina*. Ficha de los Taxones. Serpientes. Cuadernos de Herpetología 26:331.
- Cardozo, G., C.M. Scavuzzo, M. Lanfri, M. Chiaraviglio, & V. Di Cola. 2008. Modelling the distribution of the Boid snakes, *Epicrates cenchria alvarezi* and *Boa constrictor occidentalis* in the Gran Chaco (South America). *Amphibia-Reptilia* 29: 299-310.
- Giraudo, A.R., V. Arzamendia, G.P. Bellini, C.A. Bessa, C.C. Calamante, G. Cardozo, M. Chiaraviglio, M.A. Costanzo, E.G. Etchepare, V. Di Cola, D.O. Di Pietro, S. Kretzschmar, S. Palomas, S.J. Nenda, P.C. Rivera, M.E. Rodríguez, G.J. Scrocchi & J.D. Williams. 2012. Categorización del estado de conservación de las Serpientes de la República Argentina. Cuadernos de Herpetología 26:303-326.

- iNaturalist. 2020. Web site: <https://www.inaturalist.org/photos> [Consultado en abril 2020].
- Jofré, M.B., B. Espeche, M.R. Calderón & A.M. Brigada. 2013. La herpetología en San Luis: Desde un pasado reciente a un futuro de consolidación. *Cuadernos de Herpetología* 27:101-107.
- Latin Resources, Australia. 2020. Web site: <https://www.latinresources.com.au/san-luis-argentina> [Consultado en abril 2020].
- Lavilla, E., E. Richard & G. Scrocchi 2000. Categorización de los Anfibios y Reptiles de la República Argentina. Asociación Herpetológica Argentina (Eds.), San Miguel de Tucumán, Argentina.
- Nori, J., J.M. Díaz Gómez & G.C. Leynaud. 2011. Biogeographic regions of Central Argentina based on snake distribution: evaluating two different methodological approaches. *Journal of Natural History* 45:1005-1020.
- Oyarzabal, M., J. Clavijo, L. Oakley, F. Biganzoli, P. Tognetti, I. Barberis, H.M. Maturo, R. Aragón, P.I. Campanello, D. Prado, M. Oosterheld & R.J.C. León. 2018. Vegetation units of Argentina. *Ecología Austral* 28:40-63.
- Pérez Iglesias, J.M. .2019. Boa arcoiris\_01.figshare. Web site DOI figure: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11465394.v1>.
- Pérez Iglesias, J.M. 2019. Boa arcoiris\_02.figshare. Web site DOI figure: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11465436.v1>.
- Passos, P. & R. Fernandes. 2008. Revision of the *Epicrates cenchria* complex (Serpentes: Boidae). *Herpetological Monographs* 22:1-30.
- Rivera, P.C., V. Di Cola, J.J. Martínez, C.N. Gardenal & M. Chiaraviglio. 2011. Species delimitation in the continental forms of the genus *Epicrates* (Serpentes, Boidae) integrating phylogenetics and environmental niche models. *PLoS One* 6:e22199.
- Torrella, S.A. & J. Adámoli. 2005. Situación ambiental de la ecorregión del Chaco Seco. Pp. 75-82. Brown, A., U. Martinez Ortiz, M. Acerbi & J. Corcuera (Eds.), *La Situación Ambiental Argentina*. Fundación Vida Silvestre Argentina, Argentina.
- Tripole, E.S. & M.C. Corigliano. 2005. Acid stress evaluation using multimetric indices in the Carolina stream (San Luis-Argentina). *Acta Limnologica Brasileira* 17:101-114.

