



REVISTA LATINOAMERICANA DE HERPETOLOGÍA

ANFIBIOS Y REPTILES: DIVERSIDAD E HISTORIA NATURAL
VOLUMEN 06 NÚMERO 03 JULIO-SEPTIEMBRE 2023 ISSN: 2594-2158





Es una publicación con el apoyo de





revistas
unam

Portal de revistas académicas
y arbitradas de la UNAM



Scientific Electronic Library Online



ISSN: 2594-2158 Volumen 06, Número 03, Julio-Septiembre 2023

Foto de portada: *Thamnophis scalaris*, Parque Estatal Sierra Morelos (PESM),

Toluca, Estado de México, México. Foto: S. Alberto Díaz-Parra,

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

Contacto: revista.latin.herpetologia@gmail.com

Revista Latinoamericana de Herpetología, año 6, no. 3, julio-septiembre 2023, es una Publicación continua editada por la Sociedad Herpetológica Mexicana A. C., Dirección: Instituto de Biología SN, Ciudad Universitaria, Coyoacán, C.P. 04510, <http://herpetologia.fciencias.unam.mx/index.php/revista>, tel. (55) 56224800 ext. 44724, revista.latin.herpetologia@gmail.com, Editor responsable: Leticia Margarita Ochoa Ochoa. Reserva de derechos al Uso Exclusivo No. 04-2018-100215505800-203 ISSN: 2594-2158, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Departamento de Biología Evolutiva, Leticia Margarita Ochoa Ochoa, Facultad de Ciencias, UNAM, Ciudad Universitaria, Coyoacán, C.P. 04510, fecha de última modificación, 30/noviembre /2018.



CONSEJO EDITORIAL

Editor-en-Jefe

Leticia M. Ochoa Ochoa (México)

Editoras Adjuntas

Antonieta Labra Lillo (Chile)

Adriana Manzano (Argentina)

Irene Goyenechea Mayer-Goyenechea (México)

Teddy Angarita Sierra (Colombia)

Francisco Brusquetti (Paraguay)

Juan Manuel Guayasamin (Ecuador)

Oscar A. Flores Villela (México)

Rodrigo Macip Ríos (México)

Marcio Martins (Brasil)

Felipe Rabanal (Chile)

Rafael O. de Sá (U.S.A.)

Editores Senior

Dr. Marcio Martins (Artigos em português)

Dr. Sean M. Rovito (English papers)

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

English style corrector

Brett Butler (México)

Diseño editorial

Andrea Vargas Fernández (México)

Jorge Luis Ávalos Hernández (México)

Leticia M. Ochoa Ochoa (México)

COMITÉ EDITORIAL 2021-2023

Editores asociados

Andrés Rymel Acosta Galvis (Colombia)

Katyuscia Araujo-Vieira (Brasil)

Pier Cacciali (Paraguay)

Alessandro Catenazzi (Perú)

Juan Emiro Carvajal Cogollo (Colombia)

Pierre A.R.R.H. Charruau (México)

Adam G. Clause (Estados Unidos)

Thaís Condez (Brasil)

Marissa Fabrezi (Argentina)

Ana Gatica Colima (México)

Adrián García Rodríguez (Costa Rica)

Uri Omar García Vázquez (México)

Jimena Grosso (Chile)

Carlos Alberto Hernández Jiménez (México)

Rafael Alejandro Lara Resendiz (México)

Adrián Leyte Manrique (México)

Mariana L. Lyra (Brasil)

Ricardo Itzcóatl Maldonado Reséndiz (México)

Norberto Martínez Méndez (México)

Nancy R. Mejía Domínguez (México)

Ricardo Montero (Argentina)

Jorge E. Morales Mávil (México)

Carlos Navas (Brasil)

Ernesto Raya García (México)

César A. Ríos Muñoz (México)

Vivian P. Páez (Colombia)

Nicolás Pelegrin (Brasil)

Andrea Paz (Colombia)

María Laura Ponssa (Argentina)

Sean Michael Rovito (México)

José Manuel Serrano (México)

Luis Sigler (Estados Unidos)

Jenny C. Urbina (Colombia)

Anyelet Valencia-Aguilar (Colombia)

Julián Andrés Velasco Vinasco (México)

Nelson Velásquez (Chile)

CONTENIDO

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

DESCRIPCIÓN DEL RENACUAJO Y VARIACIÓN ONTOGÉNICA DE *RULYRANA MCDIARMIDI* (ANURA: CENTROLLENIDAE) DEL SUR DE ECUADOR.... **21**

Jackeline Arpi Lojano, Fausto Siavichay, Nataly Aguilar & Juan C. Sánchez-Nivicela

HISTOLOGÍA DEL OVARIO Y OVIDUCTO DE LA RANA DE DESARROLLO DIRECTO *OREOBATES DISCOIDALIS* (ANURA: STRABOMANTIDAE) **33**

Ana Pucci Alcaide, Franco Pucci Alcaide, María Laura Ponssa & Adriana A. Michel

DINÁMICA ESPACIAL DE REPTILES EN CUATRO COBERTURAS DE VEGETACIÓN DEL MUNICIPIO SANTIAGO NONUALCO, LA PAZ, EL SALVADOR..... **62**

José Nicolás Pérez-García

DISTRIBUCIÓN Y PREFERENCIA DE HÁBITAT DEL COCODRILO DE PANTANO (*CROCODYLUS MORELETII*) EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA SIAN K'AAN **132**

Jesús Vázquez-Ramos, Ángel Echeverría, Carlos González-Rebeles, Raúl Ulloa-Arvizu, Kathleen Ann Babb-Stanley & Alejandro Villegas

MAGNETIC ORIENTATION IN ANURANS: A CASE STUDY ON *RHINELLA ARENARUM* (ANURA: BUFONIDAE)..... **154**

Mario Andrés Herrera Moratta, Ana Laura Navas Romero, Lorena Quiroga, Consuelo Escudero & Eduardo Sanabria

HABITAT USE BY *AGALYCHNIS ANNAE* (ANURA: HYLIDAE) AT AN URBAN GREEN SPACE IN COSTA RICA **180**

Viviana Arguedas, José Manuel Mora & Marco Barquero

NOTAS CIENTÍFICAS

OOPHAGY IN THE TREE-HOLE DWELLING TADPOLES OF *ECNOMIOHYLA SUKIA* (HYLIDAE) IN COSTA RICA **1**

Stanley Salazar, Caliope Rojas-Rodríguez, Valeria Aspinall & Juan G. Abarca

PREDATION OF A YELLOW-HEADED GECKO (*GONATODES ALBOGULARIS*) BY A BROMELIAD SPIDER (*CUPIENNIUS COCCINEUS*) **6**

José Manuel Mora, Randy Alvarado & Henry Alfaro Lara

NECROPHAGY BY *ERYTHROLAMPRUS POECILOGYRUS* (WIED, 1824) (REPTILIA: DIPSADIDAE) IN PARAGUAY **13**

Paul Smith & Francisco Rojas

BIOLOGICAL CURIOSITIES ON THE NATURAL HISTORY OF LIZARDS FROM VENEZUELA: SAUROPHAGY OF *GONATODES ALBOGULARIS* (DUMÉRIL & BIBRON, 1836) BY *TROPIDURUS HISPIDUS* (SPIX, 1825), AND ATTACK OF *GYMNOPHTHALMUS SPECIOSUS* (HALLOWELL, 1861) BY A LARVA OF *MYRMELEON* SP. (NEUROPTERA) **100**

Luis Felipe Esqueda, David Briceño, Juan Perdomo, Gian Carlos Nesta & Juan Carlos Ortiz

FIRST OSTEOMYELITIS RECORDS IN NESTING FEMALE TURTLES OF *LEPIDOCHELYS OLIVACEA* (ESCHSCHOLTZ 1829) AT LA ESCOBILLA SANCTUARY, OAXACA, MEXICO..... **107**

Alejandra Buenrostro-Silva, Jesús García-Grajales, Petra Sánchez-Nava & María de Lourdes Ruíz-Gómez

PRIMER CASO DE ECTROMELIA EN LA RANA TERMITERA *HYPOPACHUS VARIOLOSUS* OBSERVADO EN EL PUERTO DE VERACRUZ, MÉXICO **118**

Fernanda Michelle Reyes-Servín & Juan Manuel Díaz-García

INTERACTIONS OF FOUR TEIID LIZARDS WITH GIANT ARMADILLO BURROWS AND RANGE EXTENSION FOR TWO ENDEMIC CERRADO SPECIES **121**

Diego José Santana, Gabriel Fávero Massocato, Nina Attias, Mateus Melo-Dias & Arnaud L. J. Desbiez

NOTES ON DIET AND A CASE OF KERATOPHAGY IN THE LIZARD *LEPIDOPHYMA GAIGEA* (XANTUSIIDAE) FROM QUERÉTARO, MEXICO **129**

Axel Arturo Sandoval-Ponce, Claudia Jazmín Martínez-Ramírez, Martín Córdova-Romero & Raciél Cruz-Elizalde

EFFECTO ANTRÓPICO EN UNA POBLACIÓN RELICTA DE LA LAGARTIJA *ASPIDOSCELIS COSTATUS* EN LA ZONA HISTÓRICA DE LOS FUERTES EN LA CIUDAD DE PUEBLA, MÉXICO **145**

Jorge A. Herrera-Flores

DEPREDACIÓN DE HUEVOS DE LA RANA DE CRISTAL NORTEÑA *HYALINOBATRACHIUM VIRIDISSIMUM* POR LA CULEBRA-CORDELILLA CHATA *IMANTODES CENCHOA* EN UN BOSQUE DE NIEBLA DE VERACRUZ, MÉXICO **149**

Juan Manuel Díaz-García, Víctor Vásquez-Cruz, Adriana Sandoval-Comte, Jorge Ramos-Luna Alfonso Kelly-Hernández

OBSERVATION OF OPHIOPHAGY AND POSSIBLE ARBORAL BEHAVIOR IN *MICRURUS DISTANS* (SQUAMATA: ELAPIDAE) ON *LEPTODEIRA SEPTENTRIONALIS* (SQUAMATA: DIPSADIDAE) AND COMMENTS ON ITS DISTRIBUTION IN SINALOA, MEXICO **167**

Mauro Aguirre-Zazueta, José David Jacobo-González, Héctor Alexis Castro-Bastidas & Jesús Alberto Loc-Barragán

FIRST RECORD OF ECTOMELY IN *PHRYNOSOMA ORBICULARE* (SQUAMATA: PHRYNOSOMATIDAE)..... **172**

César A. Díaz-Marín, Tonantzin Carmona-Zamora, Cinthya Mendoza-Almeralla & Aurelio Ramírez-Bautista

FIRST RECORD OF ECTROMELIA IN *DRYOPHYTES EXIMIUS* (ANURA: HYLIDAE) FROM CENTRAL MEXICO **176**

Alan Isaac Olvera-Mendoza, Emiliano Hernández-Jiménez, César A. Díaz-Marín & Aurelio Ramírez-Bautista

STAUROTYPUS TRIPORCATUS (MEXICAN GIANT MUSK TURTLE) PISCIVORY ON *PTERYGOPLOCHTHYS PARDALIS* (SAILFIN CATFISH), AN INVASIVE FISH IN SOUTHERN QUINTANA ROO, MEXICO/ NORTHERN ORANGE WALK, BELIZE **190**

Victor H. González-Sánchez, Jethro E. Aguilar-Rosales & Lizbeth E. Lara-Sánchez

ERITRISMO EN LA CULEBRA LISTONADA DE MONTAÑA COLA CORTA, *THAMNOPHIS SCALIGER* (COLUBRIDAE), EN EL ESTADO DE MÉXICO. **193**

Irving Yahan Rojas-Velasco, Liliana G. Tovar, S. Alberto Díaz-Parra & J. Carlos Alvarado-Avilés

FIRST RECORD OF SCOLIOSIS IN THE WESTERN MARBLED WHIPTAIL, *ASPIDOSCELIS MARMORATUS* (BAIRD & GIRARD, 1852) **200**

Arturo Rocha, Matthew Jimenez, Matthew Montoya & Vicente Mata-Silva

NOTAS DE DISTRIBUCIÓN

NEW LOCALITIES OF THE MORELET'S LEAF FROG (*AGALYCHNIS MORELETII*) FROM GUERRERO, MEXICO..... **17**

Enrique Vázquez-Arroyo, Rufino Santos-Bibiano & Ricardo Palacios-Aguilar

RANGE EXPANSION IN THE GEOGRAPHIC DISTRIBUTION OF *XENODON ANGUSTIROSTRIS* PETERS, 1864: A NEW LOCALITY FOR THE COLOMBIAN CARIBBEAN ECOREGION **57**

Teddy Angarita-Sierra & Dino Carmelo Manco-Jaraba

REGISTROS NOVEDOSOS DE *PSEUDOEURYCEA LEPROSA* (PLETHODONTIDAE) EN LA ZONA INTERMEDIA ENTRE EL PICO DE ORIZABA Y EL COFRE DE PEROTE **82**

José Luis Aguilar-López & Paulina García-Bañuelos

ABRONIA MATUDAI (ANGUIDAE: GERRHONOTINAE) (HARTWEG & TIHEN, 1946) **86**

Mildred Jimena Del Cid-Baquíax, Francisco Castillo-Obregón & Daniel Ariano-Sánchez

AMPLIACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE *LEPTODEIRA SEPTENTRIONALIS POLYSTICTA*



(SQUAMATA: DIPSADIDAE) EN HONDURAS, CON
COMENTARIOS SOBRE SU BIOGEOGRAFÍA ... **90**

Cristopher A. Antúnez-Fonseca, Walter J. Alvarado-Ortíz, Oscar
R. Suazo-Ortega, Alejandro J. Salguero-Sánchez & César L.
Barriso-Amorós

XANTUSIA JAYCOLEI (SQUAMATA: XANTUSIIDAE)
..... **96**

Leonardo Daniel Ponce-Rosales, Víctor Hugo Colín-Martínez &
Oswaldo Hernández-Gallegos

SYNOPHIS LASALLEI (NICÉFORO-MARIA, 1950)
(SQUAMATA: COLUBRIDAE): NEW RECORD
AND FILLING A DISTRIBUTION GAP IN THE
CORDILLERA ORIENTAL OF COLOMBIA..... **113**

Luis Santiago Caicedo-Martínez

NUEVOS REGISTROS DE DISTRIBUCIÓN DE LA
IGUANA YUCATECA DE COLA ESPINOSA *CACHRYX*
DEFENSOR (IGUANIDAE) EN QUINTANA ROO,
MÉXICO **163**

Romeo Alejandro Sánchez-Zavalegui, José Rogelio Cedeño-
Vázquez, María Marcela Cime-Ruíz & Luis Fernando Díaz-
Gamboa

RANGE EXTENSION OF *MICRURUS SANGILENSIS*
NICÉFORO MARÍA, 1942 (SQUAMATA: ELAPIDAE)
IN THE DEPARTMENT OF CASANARE,
COLOMBIA..... **188**

Ronald A. Díaz-Flórez & Alexandra Montoya-Cruz

FIRST INSULAR RECORD OF BLACK SPINY-TAILED
IGUANA (*CTENOSAURA SIMILIS*) IN THE CAYS OF
SIAN KAAN, IN THE MEXICAN CARIBBEAN.. **197**

Víctor H. González-Sánchez & Sarah Landeo-Yauriz



ISSN: 2594-2158 Volumen 06, Número 03, Julio-Septiembre 2023

Foto derecha: Macho adulto de *Gonatodes albogulari* siendo consumido por una
araña de bromelia *Cupiennius coccineus* en Selva Verde Lodge, Sarapiquí, Heredia,
Costa Rica. Foto: Randy Alvarado.

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

Contacto: revista.latin.herpetologia@gmail.com



OOPHAGY IN THE TREE-HOLE DWELLING TADPOLES OF *ECNOMIOHYLLA SUKIA* (HYLIDAE) IN COSTA RICA

OOFAGIA EN RENACUAJOS DE *ECNOMIOHYLLA SUKIA* (HYLIDAE) QUE VIVEN EN AGUJEROS DE ÁRBOLES EN COSTA RICA

Stanley Salazar¹, Caliope Rojas-Rodríguez^{2*}, Valeria Aspinall³ & Juan G. Abarca^{3,4}

¹DOSEL SA, Rain Forest Adventures, La Esperanza, Horquetas, Sarapiquí, Heredia, Costa Rica.

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

³Costa Rica Wildlife Foundation, San José, Costa Rica.

⁴Laboratorio de Recursos Naturales y Vida Silvestre, Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

*Correspondence: calioperojasr@gmail.com

Received: 2023-03-15. Accepted: 2023-06-194. Published: 2023-07-04.

Editor: Adrian García-Rodríguez, Costa Rica.

Resumen.– Se reporta la estrategia alimentaria de los renacuajos de la Rana Arbórea Voladora Shaman (*Ecnomiohylla sukia*), una rana endémica del dosel en Costa Rica. Se escaló un árbol para recolectar tres renacuajos en diferentes etapas, luego se analizó su contenido estomacal. Dos de los tres renacuajos recolectados tenían masas de huevos en sus intestinos; el análisis de los contenidos estomacales evidenció la presencia de alrededor de 200 huevos en un espécimen. Se confirma que los renacuajos de *E. sukia* son oofágicos y pueden sobrevivir alimentándose de huevos de su misma especie. Sugerimos que la oofagia también podría estar presente en otras especies del género *Ecnomiohylla*; podrían utilizar esta estrategia para complementar los limitados recursos alimentarios disponibles en sus microhábitats; sin embargo, se necesita más investigación para confirmarlo.

Palabras clave.– Comportamiento alimentario, estrategia de alimentación, huevos conespecíficos, rana de dosel.

Abstract.– The feeding strategy of the tadpoles of the Shaman Fringe-limbed Treefrog (*Ecnomiohylla sukia*), a canopy frog endemic to Costa Rica, is reported. A tree was climbed to collect three tadpoles at different stages, then the stomach contents were analyzed. Two of the three collected tadpoles had masses of eggs in their intestines. An analysis of stomach contents found evidence for the presence of around 200 eggs in one specimen. *Ecnomiohylla sukia* tadpoles are confirmed to be oophagous and can survive by feeding on conspecific eggs. We suggest that oophagy may also be present in other species of the genus *Ecnomiohylla*; they could use this strategy to supplement the limited food resources available in their microhabitats; however, more research is needed to confirm this.

Keywords.– Canopy frog, conspecific eggs, feeding behavior, feeding strategy.

Frogs of the genus *Ecnomiohylla* are inhabitants of the tropical forests ranging from Mexico to Colombia with 12 described species to date (Frost, 2023). Most of their natural history is unknown as they are canopy-dwelling species that are rarely seen; there is limited data pertaining to population size and conservation status of these species. The reproductive specialization of this genus in tree holes allows them to keep their eggs and larvae out of reach from most terrestrial predators. However, since food resources might be limited in these small microhabitats, use of other strategies are likely to adequately maintain their progeny and provide sufficient and suitable feeding options for the tadpoles (Caldwell & de Araujo, 2004).

Shaman Fringe-limbed Treefrog (*Ecnomiohylla sukia*) Savage & Kubicki, 2010 is a hylid frog endemic to Costa Rica, found in the Caribbean low and mid lands from 400 to 1300 meters in elevation (Savage & Kubicki, 2010). This species uses water-filled cavities in trees as sites for egg deposition where larvae eventually develop into tadpoles. Egg postures have been observed at 3 to 15 meters above ground level (Salazar et al., 2021a). Like other species that breed on tree trunks, feeding can be complex (Lehtinen et al., 2004). Due to the presence of conspecific eggs found in the holes where the tadpoles are found, it has been suggested that the genus (Savage, 2002) and specifically *E. sukia* (Hoffmann & Kubicki, 2011; Salazar et al., 2021a), can feed on infertile eggs

deposited by the mother. This claim has not been yet verified and one single experiment in captivity unsuccessfully tried feeding the specimens with glass frog eggs (Hoffmann & Kubicki, 2011). In this note we report the oophagy behavior in *E. sukia* tadpoles.

In December 2022, we visited a reproductive tree hole of *E. sukia* previously located at the Finca La Guacamaya, near Santa Clara, Sarapiquí (10.219° N, 83.949° W). For the collection of tadpoles, one of the researchers climbed up the tree with the help of specialized tree climbing equipment. Three tadpoles of *E. sukia* in stages 29, 39 and 41 (Gosner, 1960) were collected from a tree trunk located 7 meters above the ground. Tadpoles were

collected and transported in plastic bags to the lab for stomach content analysis and photographic evidence. Stomach contents of each specimen were reviewed, the buccal structure and the presence of eggs were photo-documented and subsequently the individuals were preserved in 10% formalin and deposited in the Zoological Museum at the University of Costa Rica (tadpole stage 41: UCR24242 and tadpoles stages 29 and 39: UCR24243, permits: R-SINAC-SE-DT-PI-007-2022).

The tadpole in stage 41 (SVL: 37.3 mm) and stage 39 (SVL: 20.7 mm) had egg masses in its intestines, which were clearly visible in ventral view (Figs. 1A, 1B and Fig. 2A) while the tadpoles in stage



Figura 1. Renacuajo de la Rana Arbórea Voladora Shaman (*Ecnomiohyla sukia*) en el estadio 41 de Gosner mostrando el estómago lleno de huevos de la misma especie. A) vista ventral, B) vista lateral. Foto: Caliope Rojas-Rodríguez.

Figure 1. Tadpole of the Shaman Fringe-limbed Treefrog (*Ecnomiohyla sukia*) in Gosner stage 41 showing the stomach full of conspecific eggs. A) ventral view, B) lateral view. Photo: Caliope Rojas-Rodríguez.

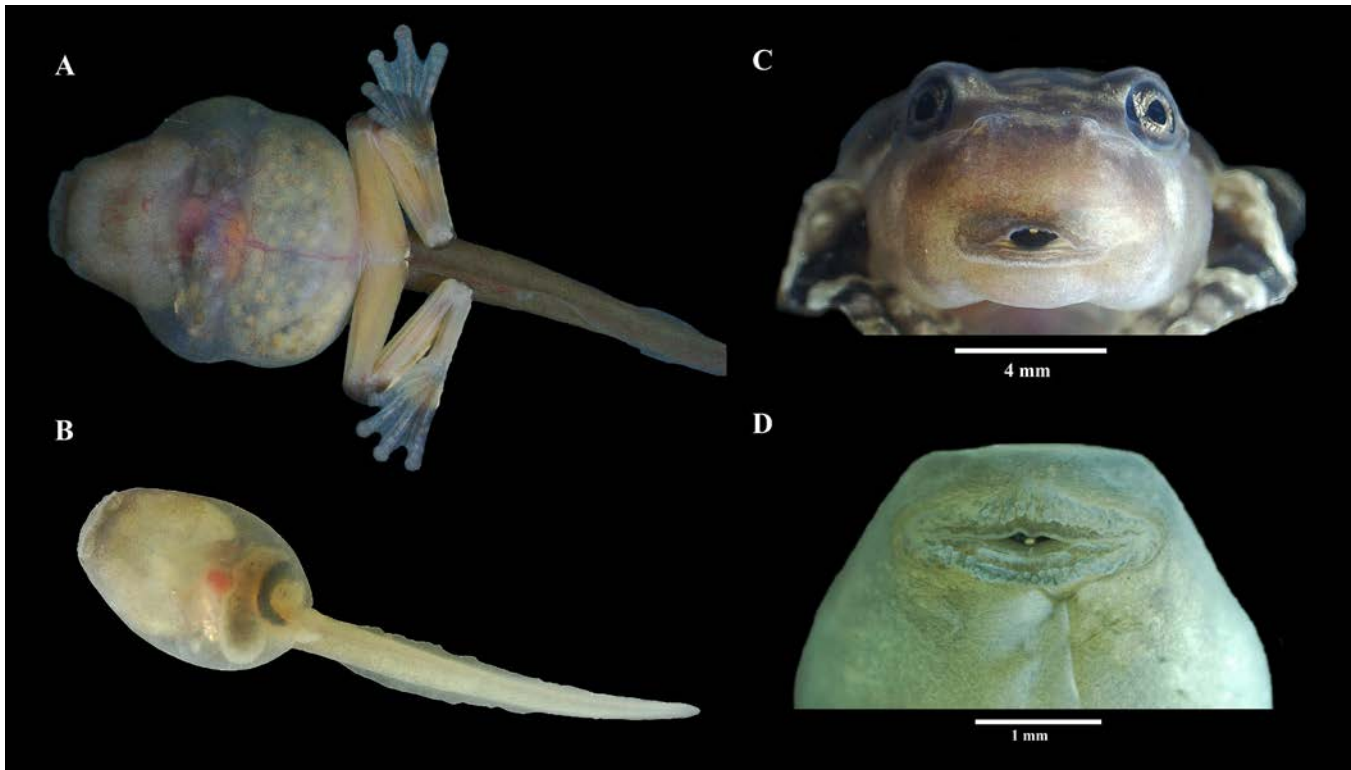


Figura 2. Vista ventral y frontal de los renacuajos de la Rana Arbórea Voladora Shaman (*Ecnomiohyla sukia*) en diferentes etapas. A) vista ventral del renacuajo en la etapa 39 mostrando la presencia de huevos, B) vista ventral del renacuajo en la etapa 29 sin huevos visibles, C) vista frontal del disco oral en la etapa 41, D) vista ventral del disco oral en la etapa 29. Foto: Juan G. Abarca.

Figure 2. Ventral and frontal view of the Shaman Fringe-limbed Treefrog (*Ecnomiohyla sukia*) tadpoles at different stages. A) ventral view of tadpole in stage 39 showing the presence of eggs, B) ventral view of tadpole in stage 29 with no visible eggs, C) frontal view of the oral disk at stage 41, D) ventral view of the oral disk at stage 29. Photo: Juan G. Abarca.

29 (SVL: 10.34 mm) had no visible eggs (Fig. 2B). The stomach content analysis of the tadpole in stage 39 had 200 eggs, of which 15 were measured between 1.09 and 1.8 mm (average 1.37 mm). The individual at stage 41 developed adequately in captivity into a juvenile frog, which was unsuccessfully fed with fruit fly and grasshopper prey.

Because Wilson et al. (1985) observed eggs in one of the breeding holes of *Ecnomiohyla salvaje* Wilson, McCranie & Williams, 1985, that could be conspecific trophic eggs, Savage (2002) proposed that the members of this species group could be oophagous and obligate egg eaters. Hoffmann & Kubicki (2011) in the description of the tadpole of *E. sukia*, suggested that it could feed on eggs. Here we report this feeding behavior of the larvae, which may be present in other species of the genus *Ecnomiohyla*. It is possible that all these frogs must complement the low availability of food present in the phytotelma with the development of oophagy and the consequent buccal structure of tadpoles as adaptations for this feeding behavior (Lehtinen et al., 2004).

Larvae of the genus *Ecnomiohyla*, like other tree-hole breeding species, have some modifications for feeding, including modifications for oophagy. As mentioned by Hoffmann & Kubicki (2011), the rows of teeth are weak, which was at first thought to be caused by captive breeding problems. However, individuals observed in nature also have widely scattered weak teeth, the denticles in rows A2 and P1 were almost negligible (Fig. 2D). These characteristics, in addition to the decrease in the rows of denticles, are somewhat consistent with the arboreal tadpole morphologies, Group 2 proposed by Lehtinen et al. (2004) for oophagous tadpoles in (i.e., shorter tadpoles with stout bodies and reduced or absent rows of teeth).

Some characteristics observed, like tadpole mouth shape, feeding tadpoles with conspecific frog eggs and living in similar habitat to other oophagous species can be related to some form of advanced parental care. One of the researchers (SS) observed mothers returning every 15 days to laying eggs. The continuous presence of females in the surroundings and the presence of

tadpoles at different stages in the same hole (Salazar et al., 2021b) may indicate that feeding may be constant and sufficient to sustain several individuals. Hoffmann & Kubicki (2011) indicated that the shape of the papillae of *E. sukia* could also allow this frog to adhere to and suck the body of an adult frog, but the few observations that have suggested this behavior have not been able to conclusively confirm it for this species (Salazar et al., 2021a), as was described in *E. rabborum*, where the submerged males feed the tadpoles with pieces of skin (Mendelson, 2008).

Also, it has not been ruled out that this paternal care in *E. sukia* could help in younger stages when the size of the mouth is not enough for swallowing eggs, due to the beak width at stage 25-29 measuring less than 1 mm (Fig. 2D) and egg size being greater than 1 mm. The youngest tadpoles could take advantage of the large beaks and umbellate papillae to adhere to the skin of their parents for feeding before participating in oophagy. Possible changes in the type of feeding relative to development could prevent feeding competition between siblings of different sizes and ages.

Tree frogs of the genus *Ecnomiohyla* are found mainly in primary or little-disturbed forests; tree trunks are extremely important for their reproduction. Therefore, habitat loss due to deforestation is one of the main threats that would affect this species and others with similar ecology. Fortunately, in Costa Rica much of the distribution of *E. sukia* occurs within public and private protected areas with large forest cover. It is necessary to increase protection efforts for areas of lowland forests and surrounding buffer zones from deforestation and other threats to aid the survival of *E. sukia*.

Acknowledgments.— We thank the National System of Conservation Areas of Costa Rica (SINAC), for the collection permits (R-SINAC-SE-DT-PI-007-2022) and Gerardo Chávez of the Museum of Zoology of the University of Costa Rica, for his help in inspection and registration of specimens.

CITED LITERATURE

- Caldwell, J.P. & Araújo, M.C. 2004. Historical and ecological factors influence survivorship in two clades of phytotelm-breeding frogs (Anura: Bufonidae, Dendrobatidae). Pp. 11-21. R.M. Lehtinen (Ed.). Miscellaneous Publications of the Museum of Zoology University of Michigan No. 193.
- Faivovich, J., C.F.B. Haddad, P.C.A. Garcia, D.R. Frost, J.A. Campbell & W.C. Wheeler. 2005. Systematic review of the frog family Hylidae, with special reference to Hyalinae: phylogenetic analysis and taxonomic revision. Bulletin of the American Museum of Natural History 294:1-240.
- Frost, D.R. 2023. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.1. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/Amphibia/Anura/Hylidae/Hylinae/Ecnomiohyla>. American Museum of Natural History, New York, USA. [Consulted in February 2023]
- Gosner, K.L. 1960. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. Herpetologica 16:183-190.
- Hoffmann, H. & B. Kubicki. 2011. The tadpole of *Ecnomiohyla sukia* Savage & Kubicki, 2010 (Amphibia: Hylidae). Zootaxa 2793:63-66.
- Jungfer, K.H. & P. Weygoldt. 1999. Biparental care in the tadpole-feeding Amazonian treefrog *Osteocephalus oophagus*. Amphibia-Reptilia 20:235-249.
- Lehtinen, R.M., M.J. Lannoo & R.J. Wassersug. 2004. Phytotelm Breeding Anurans: Past, Present and Future Research. Pp. 1-9 In: R.M. Lehtinen (Ed.). Ecology and Evolution of Phytotelm-Breeding Anurans. Miscellaneous Publications of the Museum of Zoology University of Michigan No. 193.
- Mendelson III, J.R., J.M. Savage, E. Griffith, H. Ross, B. Kubicki & R. Gagliardo. 2008. A spectacular new gliding species of *Ecnomiohyla* (Anura: Hylidae) from Central Panama. Journal of Herpetology 42:750-759.
- Salazar, S., González, R. & Barrio-Amorós, C. 2021a. New Data on Reproduction of the Shaman Fringe-limbed Treefrog, *Ecnomiohyla sukia* Savage and Kubicki 2010 (Anura: Hylidae). Reptiles & Amphibians 28:525-526.
- Salazar, S., Montes-Correa, A.C. & Barrio-Amorós, C. 2021b. Description of two previously unknown anuran vocalizations from the Caribbean rainforests of Costa Rica. Anartia 32:67-70.
- Savage, J.M. 2002. The amphibians and Reptiles of Costa Rica: a Herpetofauna Between Two Continents Between Two Seas. University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Savage, J.M. & B. Kubicki. 2010. A new species of fringe-limb frog, genus *Ecnomiohyla* (Anura: Hylidae), from the Atlantic slope of Costa Rica, Central America. Zootaxa 2719:21-34.
- Thompson, R.L. 1996. Larval habitat, ecology, and parental investment of *Osteopilus brunneus* (Hylidae). Pp. 259-269. In P.

Powell & R.W. Henderson (Eds.), Contributions to West Indian Herpetology: A Tribute to Albert Schwartz. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, St. Louis, Missouri.

Wilson, L.D., J.R. McCranie & K.L. Williams. 1985. Two new species of fringe-limbed hylid from Nuclear Middle America. *Herpetologica* 41:141-150.

Wiens, J.J., C.A. Kuczynski, X. Hua & D.S. Moen. 2010. An expanded phylogeny of treefrogs (Hylidae) based on nuclear and mitochondrial sequence data. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 55:871-882.



PREDATION OF A YELLOW-HEADED GECKO (*GONATODES ALBOGULARIS*) BY A BROMELIAD SPIDER (*CUPIENNIUS COCCINEUS*)

DEPREDAIÓN DE UN GECO DE CABEZA AMARILLA (*GONATODES ALBOGULARIS*) POR UNA ARAÑA DE BROMELIA (*CUPIENNIUS COCCINEUS*)

José Manuel Mora^{1,2*}, Randy Alvarado³ & Henry Alfaro Lara³

¹Carrera de Gestión Ecológica, Sede Central Universidad Técnica Nacional, Alajuela, Costa Rica. josemora07@gmail.com

²Department of Biology and Museum of Vertebrate Biology, Portland State University, Portland, Oregon 97207, USA. <https://orcid.org/0000-0002-1200-1495>

³Selva Verde Lodge, Sarapiquí, Costa Rica. <https://orcid.org/0000-0002-7322-7797>

* Correspondence: jomora@pdx.edu

Received: 2023-03-24. Accepted: 2023-06-14. Published: 2023-07-04.

Editor: Leticia M. Ochoa-Ochoa, México.

Resumen.– La diversidad de lagartijas en el Neotrópico es alta donde participan en muchas interacciones ecológicas y son componentes importantes en las cadenas alimentarias en muchos de los ambientes donde se encuentran. La familia Sphaerodactylidae es una familia altamente diversa de geckos pequeños, en su mayoría activos durante el día, con seis especies en Costa Rica, incluido el gecko de cabeza amarilla, *Gonatodes albobularis*. Arañas de gran tamaño corporal, como la araña de bromelia, *Cupiennius coccineus*, son capaces de depredar a lagartijas pequeñas. Esta araña no teje telas, sino que acecha y captura sus presas directamente desde la superficie de las hojas y otras partes de las plantas, las cuales utiliza para enviar y recibir vibraciones. Reportamos el primer caso de un gecko de cabeza amarilla como presa de una araña de bromelia en el Bosque Húmedo Tropical del norte de Costa Rica.

Palabras clave.– Arañas errantes, artrópodos, Bosque Húmedo Tropical, depredación, Neotrópico, Trechaleidae.

Abstract.– Lizard diversity in the Neotropics is high where they participate in many ecological interactions and are important components in food webs in many of the environments where they occur. Sphaerodactylidae is a highly diverse family of small, mostly diurnal geckos, with six species in Costa Rica, including the Yellow-headed Gecko *Gonatodes albobularis*. Large-bodied spiders, such as the Bromeliad Spider *Cupiennius coccineus* are capable of preying upon small lizards. This spider does not construct webs but ambushes and captures prey directly from the surface of leaves and other plant parts, which they use to send and receive vibrations. We report the first case of a Yellow-headed Gecko being preyed upon by a Bromelid Spider in the Tropical Wet Forest of northern Costa Rica.

Key words.– Arthropods, Neotropics, predation, Trechaleidae, Tropical Wet Forest, wandering spiders.

Tropical habitats are characterized by their high biodiversity and complex biotic interactions, such as predation (Freestone et al., 2011; Brown, 2014). Predation can be defined as the act of one organism ingesting tissues of another (previously alive) organism (Miranda et al., 2022). However, it is a complex ecological interaction that includes several stages including the location, subjugation, and ingestion of the prey (Miranda et al., 2022). It is the most important cause of mortality in natural populations, and it can happen at any life stage (Vitt & Caldwell, 2013). Predator-prey interactions are a main driver of natural selection and other aspects of community ecology and ecosystem functioning (Portalier et al., 2019; Valdez, 2020).

Lizards play key roles in ecosystems where they are prey for a wide variety of predators, including snakes, other lizards, mammals, birds, and invertebrates (Pianka & Vitt, 2006; Samia et al., 2015). A single lizard species may be preyed on by predators belonging to several taxa (Miranda et al., 2022). Lizard diversity in the Neotropics is high and lizards occupy highly diverse habitat types where they participate in food webs that involve many other species of vertebrates and invertebrates. Their diversity in the Neotropics is expressed through differences in body sizes, feeding strategies, habitat use, and demographic dynamics, resulting in lizards being involved in several ecological interactions with their prey and predators (Miranda et al., 2022).

Sphaerodactylidae is a highly diverse family consisting of some 230 species (Uetz et al., 2023) of small, mostly diurnal geckos (Leenders, 2019). There are six species of Sphaerodactylidae in Costa Rica, including the Yellow-headed Gecko *Gonatodes albogularis* (Duméril & Bibron, 1836).

Gonatodes albogularis is a common diurnal lowland lizard found from southern Mexico and Central America to northern South America, from sea level to 1,000 m elevation (Leenders, 2019). It was introduced into Florida and also occurs on adjacent islands of Colombia and western Venezuela, as well as on Cuba, Jamaica, Grand Cayman, and Hispaniola (Savage, 2002). This lizard is often seen on palms, strangler figs, or other trees with deeply creviced bark (Leenders, 2019), but also in pastures, on roadside fences, fallen logs, trash piles, and human-made structures (Savage, 2002). Natural predators of this gecko include other reptiles, mainly larger lizards and snakes, mammals, and birds (Domínguez-López et al., 2015).

Arthropods are extremely diverse in tropical habitats and are fundamental to ecosystem function and the maintenance of biodiversity (Kremen et al., 1993). Many vertebrates, e.g. lizards, birds, and bats depend on arthropods for their survival (Mooney et al., 2010). At the same time, many arthropods, including Araneae and Scorpiones (Arachnida), are carnivores (Wise, 1993; Valdez, 2020). Individuals of these two groups are frequently eaten by toads, frogs, and lizards, but in some cases they act as predators of vertebrates including some reptiles (Armas, 2001). As a result, spiders and scorpions, are both predators and prey of other organisms that form trophic webs. Several spider families contain large-bodied species capable of preying upon small vertebrates. Valdez (2020) found in his review of 1309 predatory events carried out by arthropods on vertebrates that spiders represented over half of all these events and were the main predatory arthropods for all vertebrates except birds, and the most commonly preyed on reptiles were nearly all lizards.

Wandering spiders of the Trechaleidae family may be one of the most frequent predators on small lizards in neotropical forests (Folt & Lapinski, 2017; Prémel & Torres, 2021). This family includes Banana Spiders of the genus *Cupiennius*, generally associated with plants such as bananas, heliconias and bromeliads where they construct silken retreats sallying forth after dark to hunt (Hanson & Nishida, 2016). The Bromeliad Spider *Cupiennius coccineus* F. O. Pickard-Cambridge, 1901 is one of the larger species of the genus with male body length of 22 - 26 mm and females 27 - 38 mm, however leg span can be over 100 mm (Barth & Cordes, 1998; Vetter & Hillebrecht, 2008). Both sexes have a brown background color, but the underside of the

femora of the front pair of legs of the female bears conspicuous red warning coloration (Barth & Cordes, 1998; Vetter & Hillebrecht, 2008).

In Costa Rica the Bromeliad Spider has been found from lowlands close to sea level to the Central Valley, over 1,100 m a.s.l. (Barth et al., 1988). They rest hidden in rolled leaves or among the sheaths of large leaves, and wander on leaves of heliconias and broad-leaved plants that they use as a platform to hunt within the lower parts of the forest (Barth et al., 1988). The Bromeliad spider does not construct webs but ambushes and captures prey directly from the surface of leaves and other plant parts, which they use to send and receive vibrations (Barth et al., 1988). Several species of frogs and lizards has been reported as predated by *C. coccineus*, all of them in Costa Rica (Table 1). Here we report a case of an adult male Yellow-headed Gecko being consumed by this species in the tropical wet forest of northern Costa Rica. This is the first report on this specific trophic interaction.

The observation and photographs of this predatory event are from the Selva Verde lodge in northern Costa Rica (10°27'03" N, 84°04'12" W; 78 m a.s.l.; Fig. 1). Selva Verde is located in the Tropical Wet Forest (TWF), a life zone with a mean annual rainfall of about 4,000 mm (Alvarado et al., 2022). The TWF is a tall, multistratal, evergreen forest, although some canopy species are briefly deciduous. Canopy trees reach 45–55 m in height, stilt-rooted palms often are abundant in the understory, the shrub layer is 1.5–2.5 m tall, with abundant dwarf palms, and unbranched treelets and large broad-leaved herbs are occasionally present (Hartshorn, 1983). The TWF is the most species-rich life zone in Costa Rica (Hartshorn, 1983).

On 19 October 2022 at 19:03 h we found an adult Yellow-headed Gecko being consumed by a Bromeliad Spider (Fig. 2). The spider was sitting on a post at approximately 1.10 m high along a roofed trail within the secondary forest of the botanical garden at the Selva Verde lodge. The gecko seemed dead and had a portion on the dorsum already eaten by the spider. We observed the event for about 10 minutes and took several pictures, during which neither our presence or the camera light and sounds disturbed the spider, which continued feeding on the gecko. We assume that the spider captured the gecko at its nocturnal refuge as *G. albogularis* is diurnal. However, we have observed some nocturnal activity by this gecko. Alternatively, the prey could have been taken from a spider web.

The information on predator–prey interactions between spiders and lizards is scattered, although some attempts have been made to systematize this information (Bauer, 1990;

Tabla 1. Vertebrados presa reportados específicamente para *Cupiennius coccineus*.**Table 1.** Vertebrate prey items reported specifically for *Cupiennius coccineus*.

Species	Locality (Costa Rica)	Source
ANURA		
Craugastoridae		
* <i>Craugastor</i> spp.	La Selva, Sarapiquí, Heredia.	Szelistowski, 1985.
** <i>Craugastor bransfordii</i> Cope, 1886	La Selva, Sarapiquí, Heredia.	Murray et al., 2016.
<i>Craugastor stejnegerianus</i> (Cope, 1893)	La Merced, Uvita, Osa, Puntarenas.	Ervin et al., 2007.
<i>Craugastor stejnegerianus</i> (Cope, 1893)	Oro Verde, Osa, Puntarenas.	Ervin et al., 2007.
<i>Pristimantis ridens</i> (Cope, 1866)	Santa Elena, Monteverde, Puntarenas.	Jablonski, 2015.
<i>Pristimantis ridens</i> (Cope, 1866)	Tirimbina, Sarapiquí, Heredia.	Folt & Lapinski, 2017.
Hylidae		
*** <i>Agalychnis callidryas</i> (Cope, 1862)	La Selva, Sarapiquí, Heredia.	Stynoski et al., 2014.
<i>Dendropsophus ebraccatus</i> (Cope, 1874)	La Selva, Sarapiquí, Heredia.	Szelistowski, 1985.
<i>Dendropsophus microcephalus</i> (Cope, 1886)	Drake Bay, Osa, Puntarenas.	Cubas-Rodríguez & Teruel, 2022.
<i>Duellmanohyla ruficulis</i> (Taylor, 1952)	Rara Avis, Sarapiquí, Heredia.	Folt & Lapinski, 2017.
<i>Smilisca sordida</i> Peters, 1863,	Sierra Zapote, Abangares, Guanacaste.	Vega Cambronero et al., 2022.
<i>Scinax elaeochroa</i> (Cope, 1875)	La Selva, Sarapiquí, Heredia.	Szelistowski, 1985.
SQUAMATA		
Dactyloidae		
<i>Anolis polylepis</i> Peters, 1874	Sierpe, Osa, Puntarenas.	Núñez Escalante et al., 2021.
Sphaerodactylidae		
<i>Gonatodes albogularis</i> (Duméril & Bibron, 1836)	Selva Verde, Sarapiquí, Heredia.	This report

* Eleven individuals of an unknown number of species were eaten by several individuals of *Cupiennius coccineus* when the frogs were offered to them in a field experiment.

** This species was eaten by *Cupiennius coccineus* when the frogs were offered to it in a field experiment.

*** This species was eaten by *Cupiennius coccineus* when tadpoles of the species were offered to the spider in an experiment.

Reyes-Olivares et al., 2020; Nyffeler & Gibbons, 2022). In the Neotropical and Andean regions, the most commonly consumed species based on 50 reports are members of the Dactyloidae, Gymnophthalmidae, and Sphaerodactylidae (Reyes-Olivares et al., 2020). Geckos are easy targets for spiders due to their relatively small size and lack of strong teeth or claws for defense (Bauer, 1990; Valdez, 2020). Probably only the largest geckos are immune from arthropod attacks (Bauer, 1990). Other reports of spiders preying on Sphaerodactylid geckos includes a case of an adult female Yellow-headed Gecko that was captured in the web of a Golden Silk Orbweaver Spider (*Trichonephila clavipes*) in Northeastern Costa Rica (Filipiak & Lewis, 2012). Another *G. albogularis* was predated by a Wandering Spider *Phoneutria boliviensis* (Ctenidae) in Colombia (Valenzuela-Rojas

et al., 2020). An additional predation event on *G. albogularis* by a Whip Scorpion (*Phrynos* sp.) was reported also from Colombia (Moreno-Arias, 2016). As we did not witness the initial encounter between the Bromeliad Spider and the Yellow-headed Gecko at Selva Verde, we were unable to verify if the spider captured the gecko directly. However, another nocturnal predator, the Common House Gecko (*Hemidactylus frenatus*), has also been reported as a predator of the diurnal Yellow-headed Gecko in Costa Rica, although this observation was from around 08:00 h inside a building (Barquero, 2017).

The activity patterns and hunting strategies of spiders and their lizard prey have not shown any significant association, suggesting that at least these two factors are not modulating

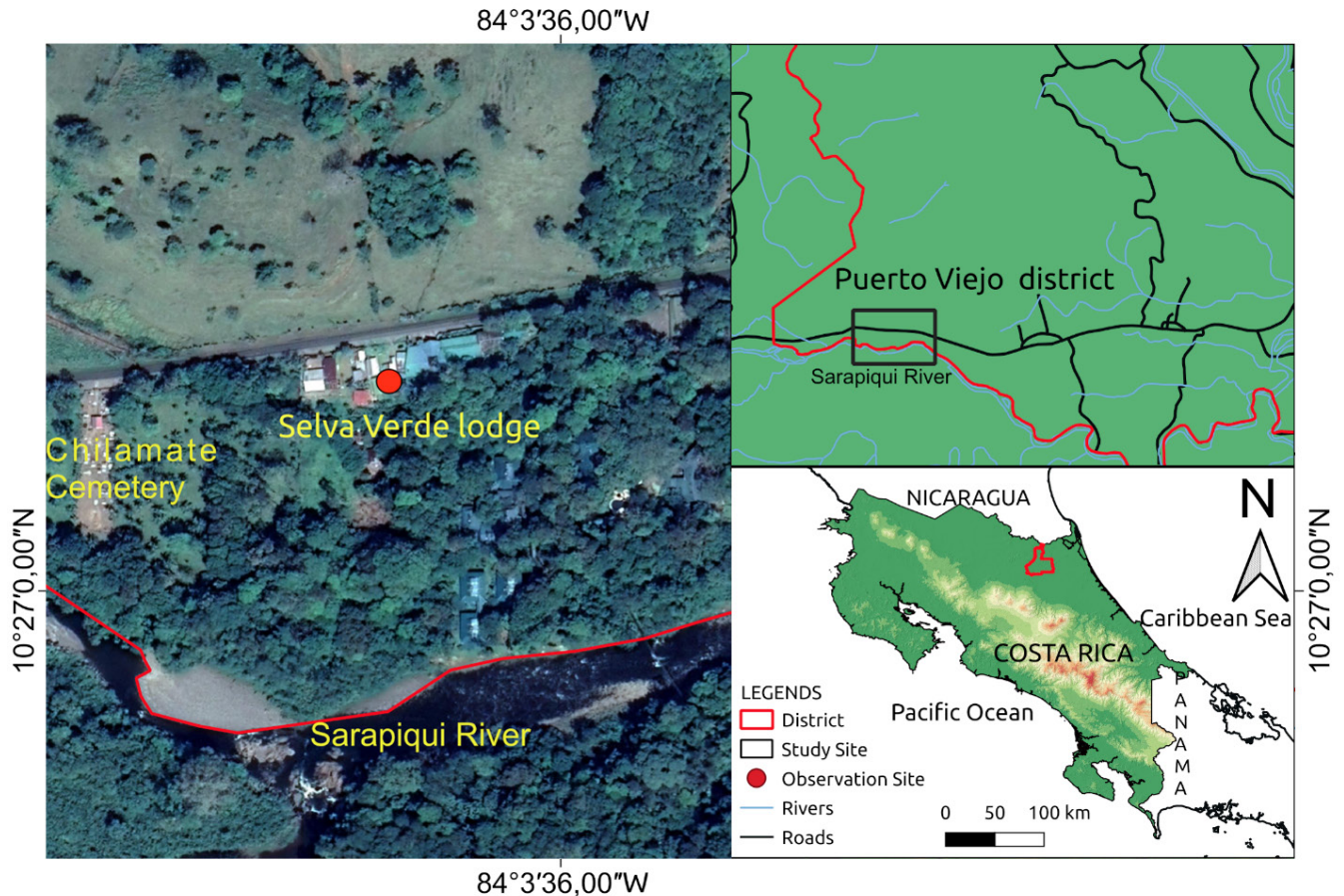


Figura 1. Sitio (punto rojo) donde un macho adulto del gecko de cabeza amarilla (*Gonatodes albogularis*) fue depredado por una araña de bromelia *Cupiennius coccineus* en Selva Verde Lodge, Sarapiquí, Heredia, Costa Rica. Mapa: G. Chaves.

Figure 1. Site (red dot) where an adult male Yellow-headed Gecko (*Gonatodes albogularis*) was predated by a Bromeliad Spider *Cupiennius coccineus* at Selva Verde Lodge, Sarapiquí, Heredia, Costa Rica. Map: G. Chaves.

the predator–prey interactions among these two groups (Reyes-Olivares et al., 2020). However, there has been a trend reported of nocturnal spiders consuming diurnal lizards, and that ambush lizards were consumed by ambush predators (Reyes-Olivares et al., 2020).

Predation on vertebrates by arthropods is generally overlooked in ecological studies, as it is not typically observed in nature and generally considered rare events (Valdez, 2020). To observe predatory events in nature is difficult (Dias-Silva et al., 2021), and many predatory events involving spiders occur at night in remote tropical forests and swamplands (Nyffeler & Pusey, 2014). However, observations of these events is extremely important to help understand trophic networks (Passos et al., 2017; Dias-Silva et al., 2021). Furthermore, the consumption of

vertebrates by spiders is more prevalent and widespread than previously believed, both in terms of geographic distribution and taxonomic diversity (Nyffeler & Gibbons, 2022). While many observations of arthropod attacks on geckos are based on serendipitous sightings of isolated incidents, certain arthropods rely significantly on vertebrates as a source of energy, thereby contributing to a notable proportion of small vertebrate mortality (McCormick & Polis 1982; Bauer, 1990). Recognizing and quantifying these predator-prey interactions is crucial to identify patterns and potential impacts of these relationships on shaping vertebrate populations and communities (Valdez, 2020). Information such as the event presented in this note, including the taxa involved in these interactions, is a critical first step to understand how strong the selective pressure of lizard consumption by spiders is, and so, how spiders can modulate

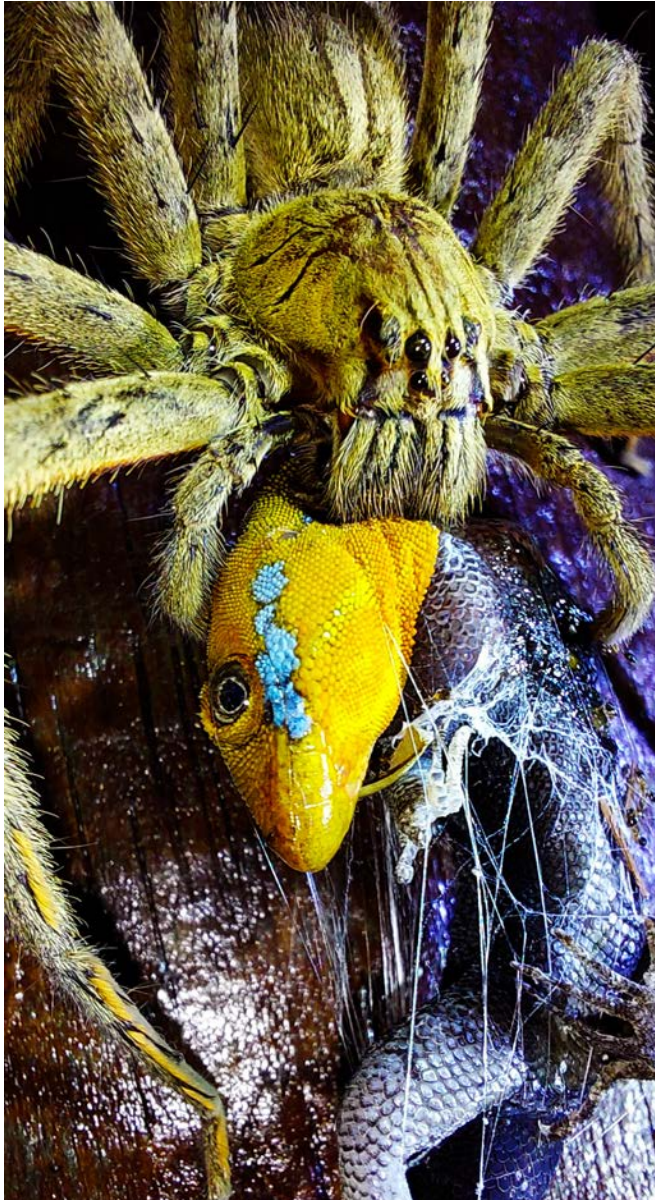


Figura 2. Un macho adulto del gecko de cabeza amarilla (*Gonatodes albogularis*) siendo consumido por una araña de bromelia *Cupiennius coccineus* en Selva Verde Lodge, Sarapiquí, Heredia, Costa Rica. Foto: Randy Alvarado.

Figure 2. An adult male Yellow-headed gecko (*Gonatodes albogularis*) being consumed by a Bromeliad Spider *Cupiennius coccineus* at Selva Verde Lodge, Sarapiquí, Heredia, Costa Rica. Photo: Randy Alvarado.

lizard populations and their communities (Reyes-Olivares et al., 2020).

Acknowledgments.– G. Chaves (Cachí) kindly prepared the map of Fig. 1. Aaron M. Bauer and one anonymous

reviewer provided great input for language and content. JMM acknowledges the time and academic support provided by Emilce Rivera, Department head, Carrera de Gestión Ecoturística, Universidad Técnica Nacional, Alajuela, Costa Rica

CITED LITERATURE

- Alvarado, R.E., E. Villalobos Alvarado, L.I. López, D. Umaña & J.M. Mora. 2022. Predation of a Juvenile *Iguana rhinophylla* (Squamata: Iguanidae) by *Basiliscus plumifrons* (Squamata: Corytophanidae) in the Costa Rican Rainforest. *Caribbean Journal of Science* 52:203-208.
- Armas, L.F. 2001. Frogs and lizards as prey of some Greater Antillean arachnids. *Revista Ibérica de Aracnología* 3:87-88.
- Barquero, M.D. 2017. *Hemidactylus frenatus* (Common House Gecko). Diet. *Herpetological Review* 48:645.
- Barth, F.G. & D. Cordes. 1998. *Cupiennius remedium* new species (Araneae, Ctenidae), and a key for the genus. *Journal of Arachnology* 77:133-141.
- Barth, F.G., E.A. Seylarth, H. Bleckmann & W. Schüch. 1988. Spiders of the genus *Cupiennius* Simon 1891 (Araneae, Ctenidae). I Range distribution, dwelling plants, and climatic characteristics of the habitats. *Oecologia* 77:187-193.
- Bauer, A.M. 1990. Gekkonid lizards as prey of invertebrates and predators of vertebrates. *Herpetological Review* 21:83-87.
- Brown, J.H. 2014. Why are there so many species in the tropics? *Journal of Biogeography* 41:8-22.
- Cubas-Rodríguez, A.M. & R. Teruel. 2022. Predation by arachnids (Araneae, Scorpiones) on reptiles and amphibians (Anura, Squamata) in Costa Rica and Mexico. *Revista Ibérica de Aracnología* 41:153-157.
- Dias-Silva, F., C.R. Mattedi, E. Cunha Pontes & E. Almeida Pereira. 2021. Predation on the treefrog *Trachycephalus typhonius* (Linnaeus, 1758) by a vine snake (genus *Chironius*) in the Amazon rainforest of northern Brazil. *Herpetology Notes* 14:379-382.
- Domínguez-López, M.E., F.P. Kacoliris & A.M. Ortega-León. 2015. Effects of microhabitat temperature on escape behavior in the diurnal gecko, *Gonatodes albogularis* (Duméril & Bibron, 1836) (Squamata: Sauria: Sphaerodactylidae). *Herpetozoa* 28:49-54.

- Ervin, E.L., R.E. Lovich, K. Gray-Lovich, N.J. Scott & J. López. 2007. *Eleutherodactylus stejnegerianus* (Stejneger's robber frog). Predation. *Herpetological Review* 38:185.
- Filipiak, D. & T. Lewis. 2012. *Gonatodes albogularis* (Yellow-headed Dwarf Gecko). Predation. *Herpetological Review* 43:486.
- Folt, B. & W. Lapinski. 2017. New observations of frog and lizard predation by wandering and orb-weaver spiders in Costa Rica. *Phyllomedusa* 16:269-277.
- Freestone, A.L., R.W. Osman, G.M. Ruiz & M.E. Torchin. 2011. Stronger predation in the tropics shapes species richness patterns in marine communities. *Ecology* 92:983-993.
- Hanson, P.E. & K. Nishida. 2016. Insects and Other Arthropods of Tropical America. Zona Tropical Publications, Ithaca, New York, USA.
- Hartshorn, G.S. 1983. Plants. Pp. 136-141. In D.H. Janzen (Ed.), *Costa Rican Natural History*. University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Kremen, C., R. Colwell, T.L. Erwin, D.D. Murphy, R.F. Noss & M.A. Sanjayan. 1993. Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning. *Conservation Biology* 7:796-808.
- Jablonski, D. 2015. Predation on *Pristimantis ridens* (Anura: Craugastoridae) by a wandering spider (Araneae: Ctenidae) in mountain cloud forest of Costa Rica. *Herpetology Notes* 8:1-3.
- Leenders, T. 2019. Reptiles of Costa Rica: a Field Guide. Zona Tropical Publications, Ithaca, New York, USA.
- McCormick, S., & G.A. Polis. 1982. Arthropods that prey on vertebrates. *Biological Reviews* 57:29-58.
- Miranda, R.B., J. Klaczko, J.F. Tonini & R.A. Brandão. 2022. Escaping from predators: a review of Neotropical lizards defence traits. *Ethology Ecology & Evolution* 2022:1-31.
- Mooney, K.A., D.S. Gruner, N.A. Barber, S.A. Van Bael, S.M. Philpott & R. Greenberg. 2010. Interactions among predators and the cascading effects of vertebrate insectivores on arthropod communities and plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107:7335-7340.
- Moreno-Arias, R.A. 2016. *Gonatodes albogularis* (Yellow-headed Gecko). Predation. *Herpetological Review* 47:669.
- Murray, E.M., S.K., Bolton, T. Berg & R.A. Saporito. 2016. Arthropod predation in a dendrobatid poison frog: does frog life stage matter? *Zoology* 119:169-174.
- Núñez Escalante, R., I. Pérez, A. Alvarado, D. Garro & P. Rigabert. 2021. Observations of arthropods preying an amphibians and reptiles in Sierpe de Osa, Costa Rica. *Reptiles & Amphibians* 28:302-305.
- Nyffeler, M. & B.J. Pusey. 2014. Fish predation by semi-aquatic spiders: a global pattern. *PLoS One* 9:e99459.
- Nyffeler, M., & J.W. Gibbons, 2022. Spiders feeding on vertebrates is more common and widespread than previously thought, geographically and taxonomically. *The Journal of Arachnology* 50:121-134.
- Passos, D.C., L.H.A. Glauss & A.B. Galdino. 2017. Predation of the hylid frog *Bokermannohyla alvarengai* (Bokermann, 1956) by the colubrid snake *Chironius flavolineatus* (Jan, 1863) in a montane rocky grassland. *Revista Brasileira de Zoociências* 18:47-52.
- Pianka, E.R., & L.J. Vitt. 2003. *Lizards: Windows to the Evolution of Diversity*. University of California Press, California, USA.
- Portalier, S.M.J., G.F. Fussmann, M. Loreau & M. Cherif. 2019. The mechanics of predator-prey interactions: first principles of physics predict predator-prey size ratios. *Functional Ecology* 33:323-334.
- Prémel, V. & J.P. Torres. 2021. *Cupiennius* sp. (Taczanowski, 1874), predation on the tree frog *Dendropsophus carnifex* (Duellman, 1969) in Ecuador. *Herpetology Notes* 14:117-120.
- Reyes-Olivares, C., A. Guajardo-Santibáñez, B. Segura, N. Zañartu, M. Penna & A. Labra. 2020. Lizard predation by spiders: A review from the Neotropical and Andean regions. *Ecology and Evolution* 10:10953-10964.
- Samia, D.S.M., D.T. Blumstein, T.S. Stankowich & W.E. Cooper Jr. 2015. Fifty years of chasing lizards: new insights advance optimal escape theory. *Biological Reviews* 91:349-366.
- Savage, J.M. 2002. *The Amphibians and Reptiles of Costa Rica: a Herpetofauna Between Two Continents, Between Two Seas*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Szelistowski, W.A. 1985. Unpalatability of the poison arrow frog *Dendrobates pumilio* to the ctenidae spider *Cupiennius coccineus*. *Biotropica* 17:345-346.



- Stynoski, J.L., G. Shelton & P. Stynoski. 2014. Maternally derived chemical defences are an effective deterrent against some predators of poison frog tadpoles (*Oophaga pumilio*). *Biology Letters* 10:20140187.
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar, F., Reyes & J. Hošek. (Eds.) (2023) The Reptile Database. <http://www.reptile-database.org>. [Accessed 23 June 2023]
- Valdez, J.W. 2020. Arthropods as vertebrate predators: A review of global patterns. *Global Ecology and Biogeography* 29:1691-1703.
- Valenzuela-Rojas, J.C., J.C. González-Gómez, G. Guevara, L.M. Franco, G. Reinoso-Flórez & L.F. García. 2020. Notes on the feeding habits of a wandering spider, *Phoneutria boliviensis* (Arachnid Ctenidae). *The Journal of Arachnology* 48:43-48.
- Vega Cambronero, A., P. Marín, L.I. López & J.M. Mora. 2022. Predation of a Drab Streamside Tree Frog *Smilisca sordida* (Anura: Hylidae) by the Bromeliad Spider (*Cupiennius coccineus*) in Northwestern Costa Rica. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 5:20-24.
- Vetter, R.S. & S. Hillebrecht. 2008. Distinguishing two often-misidentified genera (*Cupiennius*, *Phoneutria*) (Araneae: Ctenidae) of large spiders found in Central and South American cargo shipments. *American Entomologist* 54:88-93.
- Vitt, L.J., & J.P. Caldwell. 2013. *Herpetology: an Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. 4th Edition. Academic Press, San Diego, California, USA.
- Wise, D.H. 1993. *Spiders in Ecological Webs*. Cambridge University Press. Cambridge, England.



NECROPHAGY BY *ERYTHROLAMPRUS POECILOGYRUS* (WIED, 1824) (REPTILIA: DIPSADIDAE) IN PARAGUAYNECROFAGIA EN *ERYTHROLAMPRUS POECILOGYRUS* (WIED, 1824) (REPTILIA: DIPSADIDAE) EN PARAGUAYPaul Smith^{1,2*} & Francisco Rojas²¹ Para La Tierra, Centro IDEAL, Mariscal Estigarribia 321 c/ Tte. Capurro, Pilar, Dpto. Ñeembucú, Paraguay, www.paralatierra.org.² FAUNA Paraguay, Encarnación, Dpto. Itapúa, Paraguay www.faunaparaguay.com*Correspondence: faunaparaguay@gmail.com.

Received: 2023-04-05. Accepted: 2023-06-07. Published: 2023-07-07.

Editor: Leticia M. Ochoa-Ochoa, México.

Resumen.– Se reporta el primer registro de necrofagia en *Erythrolamprus poecilogyrus* y el primer reporte de este comportamiento en serpientes paraguayas. El individuo fue fotografiado alimentándose de una rana aplastada en una ruta asfaltada en el Chaco Paraguayo.

Palabras claves.– Anura, carroña, Chaco.

Abstract.– We report the first record of necrophagous feeding in *Erythrolamprus poecilogyrus* and the first report of necrophagy in snakes from Paraguay. The individual was photographed feeding on a roadkill frog in the Paraguayan Chaco.

Key Words.– Anura, carrion, Chaco.

The Yellow-bellied Ground Snake *Erythrolamprus poecilogyrus* (Wied, 1824) is a small, variable, terrestrial snake found across much of South America, south to Buenos Aires, Argentina (Giraudo, 2004). In Paraguay, it is distributed throughout the country (Cacciali et al., 2016) in grassy or bushy habitats close to water. It is particularly abundant in the Paraguayan Chaco, west of the Paraguay River where it is active mainly at night. The subspecific taxonomy of this species has been much-debated (Amaral, 1944; Dixon & Markezich, 1992), but the subspecies generally considered to be present in the Paraguayan Chaco is *E. p. caesius* (Cope, 1862).

Erythrolamprus poecilogyrus is an active hunter and is known to have a wide diet predominantly consisting of amphibians, but also including insects, fish, reptiles and small mammals (Serié, 1919; Lema et al., 1983; Carreira, 2002; Pinto & Fernandes, 2004; Prieto et al., 2012; Corrêa et al. 2016; Andrade et al. 2020). Previous dietary information for the species in Paraguay suggests that frogs form the bulk of the diet (Cacciali & Motte, 2010; Cabral et al., 2017).

Necrophagy has only been documented in the scientific literature in very few Neotropical snake species: *Boiruna sertaneja* Zaher, 1996, *Bothrops jararaca* (Wied, 1824), *Erythrolamprus miliaris*

(Linnaeus, 1758), *Helicops modestus* Günther, 1861, *Hydrodynastes gigas* (Duméril, Bibron & Duméril, 1854), *Leptodeira annulata* (Linnaeus, 1758), *L. ashmeadii* (Hallowell, 1845), *Micrurus surinamensis* (Cuvier, 1817), *Micrurus frontalis* (Duméril, Bibron and Duméril, 1854), and *Philodryas patagoniensis* (Girard, 1858) (Sazima & Strüssmann, 1990; Mora-Benavides, 1999; Gomes et al., 2017; Marques et al., 2017; Ucha & dos Santos, 2017; Sales et al., 2019; Eisfeld et al., 2021; Oliveira et al., 2023). In this note, we add *Erythrolamprus poecilogyrus* to this list.

At 23:00h at km743 on the Ruta Transchaco (area of Infante Rivarola, Boquerón department) on 16 March 2023, an adult individual of *E. poecilogyrus caesius* was encountered on a tarmac road tugging at the leg of a road-killed frog (*Leptodactylus* sp.) that was attached to the road surface (Fig. 1A). The weather was humid, threatening rain, and a large number of frogs had been observed on and around the road surface during the course of the evening, with many killed by passing vehicles. The snake was observed pulling hard at least three times on the frog's leg before being able to detach it from the road surface (Fig. 1B). Following disturbance, the snake fled to roadside vegetation.

The only previous report of necrophagy in the genus *Erythrolamprus* was by *E. miliaris* scavenging a roadkill *Scinax*



Figura 1. A) *Erythrolamprus poecilogyrus caesius* hurgando en una rana atropellada en el km 743 de la Ruta Transchaco (área de Infante Rivarola, departamento de Boquerón), Paraguay el 16 de marzo de 2023; B) El mismo individuo tras arrancarle un trozo a la rana. Fotos: Paul Smith.

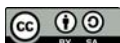
Figure 1. A) *Erythrolamprus poecilogyrus caesius* scavenging on a roadkill frog at km743 on the Ruta Transchaco (area of Infante Rivarola, Boquerón department), Paraguay on 16 March 2023; B) The same individual after tearing off a piece of the frog. Photos: Paul Smith.

(Hylidae) on Guapiagu road, Cachoeiras de Macacu, Rio de Janeiro, Brazil (Gomes et al., 2017). The present report is apparently the first of necrophagy by *Erythrolamprus poecilogyrus* and the first report of necrophagy in snakes from Paraguay. Snakes typically prefer live prey, and, despite the obvious nutritional benefits that it provides, necrophagy is apparently a rare occurrence (Cowles, 1946; Raney & Roecker, 1947; Patten & Banta, 1980; Shine, 1986; Shivik & Clark, 1997; De Vault & Krochmal, 2002; Phelps, 2006; Trembath et al., 2007; Muszynska et al., 2022). Foraging behaviour in snakes is difficult to observe and under-observation perhaps contributes to the scarcity of records (Oliveira et al., 2023). On the other hand, for active-foraging snakes such as *E. poecilogyrus*, movement of prey may be important in prey detection, and thus necrophagy may genuinely be a rare and opportunistic dietary tactic. The extremely damaged condition of the frog in this observation, to the point that it was barely-recognisable as such, suggests that olfactory or other prey detection tactics were likely employed in addition to vision in order to successfully identify it as a potential prey item.

Acknowledgements. – We are grateful to Olivia Zickgraf for producing the figure. PS thanks the Pronii program of CONACYT Paraguay for its support.

LITERATURE CITED

- Amaral, A. do. 1944. Notas sobre a ofologia neotropical e brasílica X. Distribuição geográfica e racial de *Leimadophis poecilogyrus* (Wied). Papeis Avulsos de Zoologia 5:75-82.
- Andrade, H., S.M. da Costa, M.A. dos Santos & E.J. dos Reis Dias. 2020. Diet review of *Erythrolamprus poecilogyrus* (Wied-Neuwied, 1825) (Serpentes: Dipsadidae), and first record of *Dermatonotus muelleri* (Boettger, 1885) (Anura: Microhylidae) as a prey item in Sergipe State, northeastern Brazil. Herpetology Notes 13:1065-1068.
- Cabral, H., D. Bueno-Villafañe & L. Romero-Nardelli. 2017. Comments on the diet of juvenile *Erythrolamprus poecilogyrus caesi* (Serpentes: Dipsadidae) in the Paraguayan Chaco. Phyllomedusa 16:299-302.
- Cacciali, P. & M. Motte. 2010. Hábitos predatórios de *Liophis poecilogyrus schotti* (Serpentes: Dipsadidae) sobre anfíbios de la familia Microhylidae. Reportes Científicos de la FACEN 1:60-61.
- Cacciali, P., N. Scott, A.L. Aquino, L.A. Fitzgerald & P. Smith. 2016. The reptiles of Paraguay: literature, distribution, and an annotated taxonomic checklist. Special Publications of the Museum of Southwestern Biology 11:1-373.
- Carreira, S. 2002. Alimentación de los Ofidios de Uruguay. Monografías de Herpetología 6, Asociación Herpetológica Española, Madrid.
- Corrêa, D.N., F.M. Quintela & D. Loebmann. 2016. Feeding ecology of *Erythrolamprus jaegeri jaegeri* (Günther, 1858) and *Erythrolamprus poecilogyrus sublineatus* (Cope, 1860) in the coastal zone of subtropical Brazil (Serpentes, Dipsadidae). Anais da Academia Brasileira de Ciências 88:293-308.
- Cowles, R.B. 1946. Carrion eating by a snake. Herpetologica 3:121-122.
- DeVault, T.L. & A.R. Krochmal. 2002. Scavenging by snakes: an examination of the literature. Herpetologica 58:429-436.
- Dixon, J.R. & A.L. Marquezich. 1992. Taxonomy and geographic variation of *Liophis poecilogyrus* (Wied) from South America (Serpentes: Colubridae). The Texas Journal of Science 44:131-166.
- Eisfeld, A., L. Pizzatto & D. Vrcibradic. 2021. Diet of the semiaquatic snake *Erythrolamprus miliaris* (Dipsadidae, Xenodontinae) in the Brazilian Atlantic Forest. Journal of Herpetology 55:330-337.
- Giraud A. 2004. Serpientes de la Selva Paranaense y del Chaco Húmedo. LOLA, Buenos Aires.
- Gomes, D.F., R.C. Gonzalez & T. Silva-Soares. 2017. *Erythrolamprus miliaris* (Linnaeus, 1758) (Serpentes: Dipsadidae): report on an unusual event of necrophagy. Herpetology Notes 10:417-419.
- Lema, T., M. Araújo & A. Azevedo. 1983. Contribuição ao conhecimento da alimentação e do modo alimentar de serpentes do Brasil. Comunicações do Museo de Ciências Naturais da Pontificia Universidade Catolica de Rio Grande do Sul 26:41-121.
- Marques, O.A., R.Z. Coeti, P.A. Braga & I. Sazima. 2017. A rotten choice: feeding attempt by a coral snake (*Micrurus frontalis*) on a dead pitviper (*Bothrops jararaca*) that had swallowed a bulky rodent. Herpetology Notes 10:137-139.
- Mora-Benavides, J.M. 1999. *Leptodeira annulata* (Culebra Destenida, Banded Cat-eyed Snake): Diet. Herpetological Review 30:102.
- Muszyńska, A., M. Matuszewska, M. Smutyło & B. Borczyk. 2022. One death follows another: scavenging and road mortality in the grass snake, *Natrix natrix* (Serpentes: Colubridae). Herpetology Notes 15:295-296.



- Oliveira, I.B. de, A.A. Camacho, A.M. Rocha & P.F. Viana. 2023. Unusual behaviours or just random and rare findings? Report of an event of necrophagy by the Cat-eyed Snake, *Leptodeira ashmeadii* (Squamata: Dipsadidae). *Herpetology Notes* 16:63-64.
- Patten, R.B. & B.H. Banta 1980. A rattlesnake, *Crotalus ruber*, feeds on a road-killed animal. *Journal of Herpetology* 14:111-112.
- Phelps, T. 2006. *Naja nivea* (Linnaeus, 1758) Cape cobra. Scavenging. *African Herpetological News* 40:24.
- Pinto, R. & R. Fernandes. 2004. Reproductive biology and diet of *Liophis poecilogyrus* (Serpentes: Colubridae) from Southeastern Brazil. *Phyllomedusa* 3:9-14.
- Prieto, Y.A., A.R. Giraudo & M.S. López. 2012. Diet and sexual dimorphism of *Liophis poecilogyrus* (Serpentes, Dipsadidae) from the wetland regions of northeast of Argentina. *Journal of Herpetology* 46:402-406.
- Raney, E.C. & R.M. Roecker. 1947. Food and growth of two species of watersnakes from western New York. *Copeia* 1947:171-174.
- Sales, R.F.D., M.L.S. Lima & B.R. de Albuquerque França. 2019. Dead but delicious: an unusual feeding event by the Sertão Muçurana snake (*Boiruna sertaneja*) on a bird carcass. *Herpetology Notes* 12:941-943.
- Sazima, I. & C. Strussman. 1990. Necrofagia em serpentes brasileiras: exemplos e Previsões. *Revista Brasileira de Biologia* 50:463-468.
- Serié, P. 1919. Notas sobre la alimentación de algunos ofidios. *Revista del Jardín Zoológico de Buenos Aires* 15:305-328.
- Shine, R. 1986. Ecology of a low-energy specialist: food habits and reproductive biology of the Arafura filesnake (Acrochordidae). *Copeia* 1986:424-437.
- Shivik, J.A. & L. Clark. 1997. Carrion seeking in brown tree snakes: importance of olfactory and visual cues. *Journal of Experimental Zoology* 279:549-553.
- Trembath, D.F., J.L. Blackburn III & J.J.L. Rowley. Road kill predation by Childrens' python *Antaresia childreni* (Serpentes: Boidae) at Adelaide River, Northern Territory. *Northern Territory Naturalist* 19:58-59.
- Ucha, J. & T.G. dos Santos. 2017. Death and life on the roadway: scavenging behaviour of the green racer snake *Philodryas patagoniensis* (Girard, 1858) (Dipsadidae). *Herpetology Notes* 10:439-441.



NEW LOCALITIES OF THE MORELET'S LEAF FROG (*AGALYCHNIS MORELETII*) FROM GUERRERO, MEXICO

NUEVAS LOCALIDADES DE LA RANA HOJA DE MORELET (*AGALYCHNIS MORELETII*) DE GUERRERO, MÉXICO

Enrique Vázquez-Arroyo¹, Rufino Santos-Bibiano², and Ricardo Palacios-Aguilar^{3, 4*}

¹Laboratorio Integral de Fauna Silvestre, Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero, C. P. 39087, Av. Lázaro Cárdenas S/N, La Haciendita, Chilpancingo de los Bravo, Guerrero (e-mail: EnriqueVazquezArroyo@hotmail.com.)

²Laboratorio de Herpetología II, Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, A. P. 70515, 04510 Coyoacán, Ciudad de México, México (e-mail: rufino.santos@yahoo.com.mx).

³Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera", Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. A. P. 70399, 04510, Coyoacán, Ciudad de México, Mexico (e-mail: ricardopalaciosaguilar@gmail.com).

⁴Totlok A. C., C. P. 04350, Delegación Coyoacán, Ciudad de México, México.

*Correspondence: ricardopalaciosaguilar@gmail.com

Received: 2023-03-24. Accepted: 2023-06-27. Published: 2023-07-10.

Editor: Leticia M. Ochoa-Ochoa, México.

The Morelet's Leaf Frog (*Agalychnis moreletii*) is a moderate-sized species of tree frog, attaining 65.7 mm in males, 82.9 mm in females, and diagnosed from other species of the genus by having three-fourths of the hands and feet webbed, uniformly orange flanks and thighs, and a black eye (Duellman, 1970). The species is currently known from the Mexican state of Puebla southwards to Guatemala and Belize on the Atlantic versant and from Guerrero, Mexico southwards to El Salvador on the Pacific versant in an elevational range of 500–2130 m (Canseco-Márquez et al., 2000; Campbell, 1988; Duellman, 1970). Although some records of the species have been recently reported on the Pacific versant of Oaxaca (Vázquez-Vega et al., 2015), few localities are known to date on the adjacent state of Guerrero, most of them from the mid-elevations of the Sierra de Atoyac in the surroundings of the town of San Andrés de la Cruz (Duellman, 1970).

Here we report four additional localities of this frog in Guerrero, including the westernmost locality range-wide based on our own field work conducted between 2010 and 2019. Voucher specimens were consulted at the Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera", Facultad de Ciencias (MZFC), and the Colección Nacional de Anfibios y Reptiles (CNAR) from Universidad Nacional Autónoma de México, and photographic vouchers were deposited at the digital collection of the former institution (MZFC-IMG). All specimens and photographs were obtained by EV-A.

In the Municipality of Acapulco de Juárez, 2.24 km E La Concepción (16.87897° N, 99.67267° W), 38 m a.s.l., on 19

September 2015, an inactive male (MZFC-IMG 55; Fig. 1A) was found hidden among the leaves of a plant, the habitat was dominated by riparian vegetation. This record extends the known distribution of the species 79.54 km ESE from the nearest records in the Sierra de Atoyac.

In the Municipality of Petatlán, 3.5 km de Colonia Juárez (17.59169° N, 101.15621° W), 986 m a.s.l., on 17 June 2010, an inactive female (MZFC-IMG 53) was found during the day in a mixture of cloud forest and tropical semideciduous forest. This record extends the known distribution of the species 98.67 km WNW from the nearest records in the Sierra de Atoyac (Fig. 1B) and represents the westernmost record in the entire range.

In the Municipality of Chilpancingo de los Bravo, 4.15 km SE Tlahuizapa (17.27811° N, 99.56974° W), 574 m a.s.l., on 5 August 2014, a calling male (MZFC-IMG 54; Fig. 1C) found during night in tropical semideciduous forest. This record extends the known distribution of the species 75.56 km E from the nearest records in the Sierra de Atoyac.

In the Municipality of Coyuca de Benítez, 3.21 km SW Santa Rosa de Lima (17.20828° N, 99.88194° W), 936 m a.s.l., on 7 July 2016, an inactive female (MZFC-IMG 56; Fig. 1D) found at night in gallery forest surrounded by tropical semideciduous forest. This record extends the known distribution of the species 43.51 km E from the nearest records in the Sierra de Atoyac.

The new records reported herein help to link a distributional gap of over 370 km between the localities reported previously

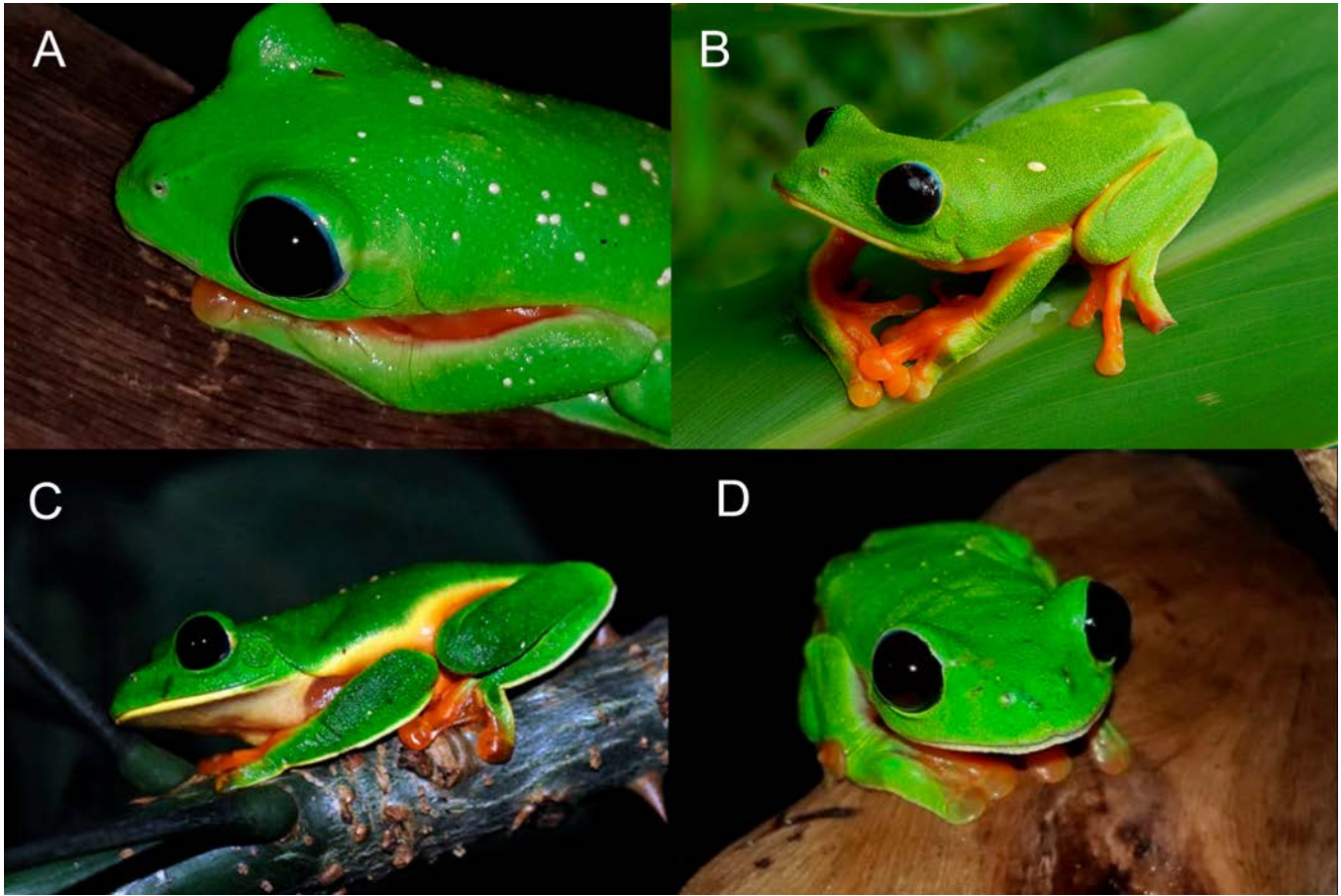


Figura 1. Ejemplares de *Agalychnis moreletii* de Guerrero, México. Los ejemplares son de los municipios de A) Acapulco de Juárez, B) Atoyac de Álvarez, C) Chilpancingo de los Bravo y D) Coyuca de Benítez. Consulte el texto y el Apéndice 1 para obtener información sobre las localidades. Todas las fotografías tomadas por EV-A.

Figure 1. Specimens of *Agalychnis moreletii* from Guerrero, Mexico. The specimens are from the municipalities of A) Acapulco de Juárez, B) Atoyac de Álvarez, C) Chilpancingo de los Bravo, and D) Coyuca de Benítez. See text and Appendix 1 for information on the localities. All photographs taken by EV-A.

from the Sierra de Atoyac, Guerrero, and those from the surroundings of San Gabriel Mixtepec, Oaxaca (Duellman, 1970; Fig. 2). It is likely that the species is distributed along the mid-elevations of the Sierra Madre del Sur in Guerrero and Oaxaca, but this region has been historically under sampled and new species and range extensions continue to be reported therein (see discussion in Arrazola-Bohórquez & Palacios-Aguilar, 2022). It is possible that *A. moreletii* is also found farther northwest to our record of Petatlán, as suitable habitat exists as far as the Sierra de Santiago in the municipality of Zihuatanejo de Azueta (personal observations).

However, we consider it unlikely that the species is distributed in other parts of the Sierra Madre del Sur such as the Sierra de Coalcomán in Michoacán due to the loss of habitat continuity by

the dry and xeric conditions of the Depresión del Balsas, which has been reported to be an important barrier for several species of amphibians and reptiles in this part of the country (Duellman, 1965).

The lowest elevation for the species is herein recorded as 38 m a.s.l., compared to 500 m reported on other published sources. The elevation range of the species in Guerrero was reported as 939–2050 m by Palacios-Aguilar and Flores-Villela (2018) based on the revision of literature and scientific collections databases. The higher elevation of the species in that work was based on a specimen collected by Kraig Adler, David M. Dennis and David H. Snyder on 22 December 1969, deposited at the University of Texas at Arlington (UTA A-56443) with locality data as “WNW of Chilpancingo, 8.5 road km S Puerto

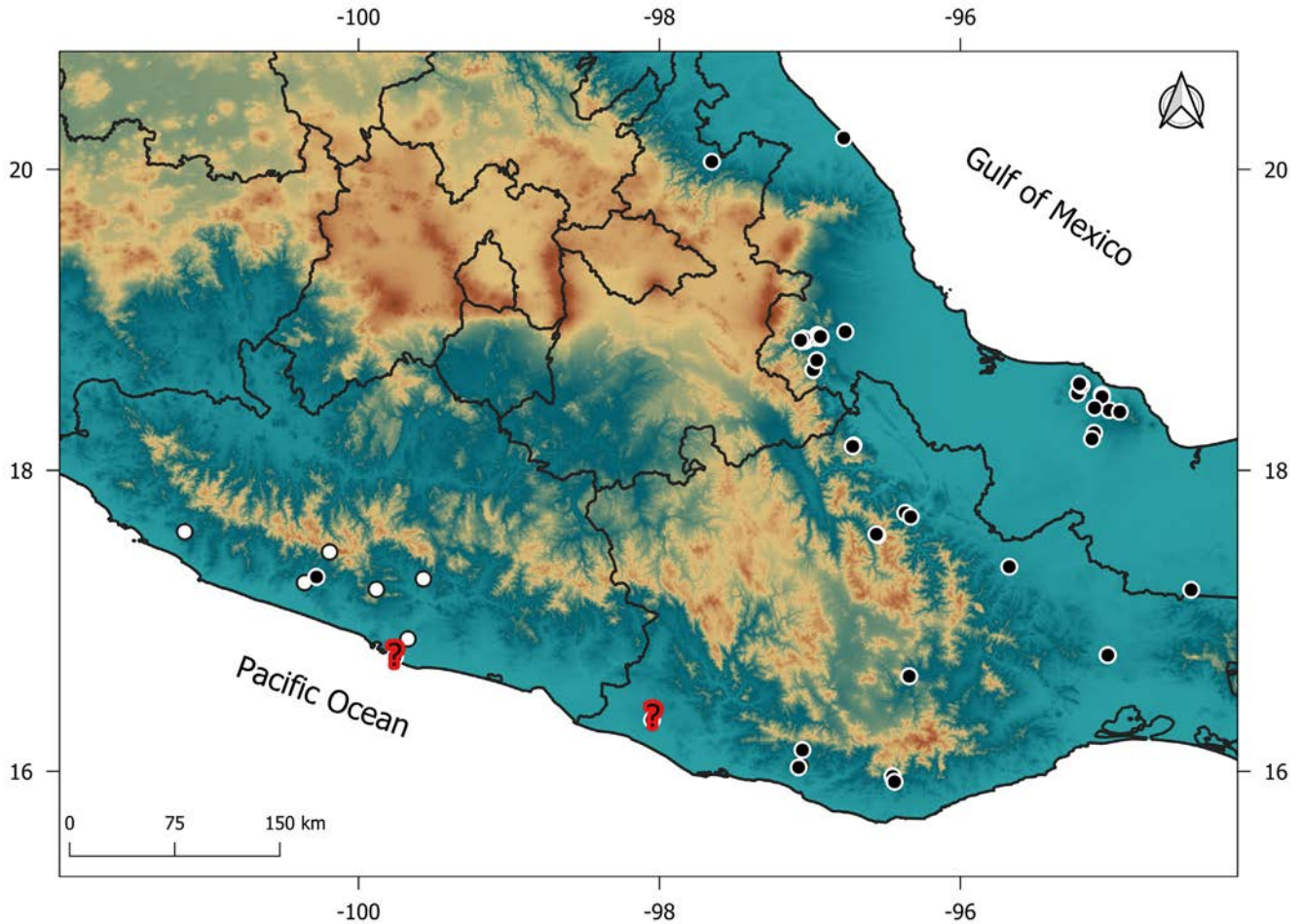


Figura 2. Distribución de *Agalychnis moreletii* en la parte occidental de su área. Los círculos negros representan localidades previamente conocidas y los círculos blancos las que se informan aquí, los signos de interrogación (?) denotan registros de localidades no verificadas. Consulte el texto y el Apéndice 1 para obtener información sobre las localidades.

Figure 2. Distribution of *Agalychnis moreletii* on the western portion of its range. Black circles represent previously known localities and white circles those reported herein, question marks (?) denote unverified locality records. See text and Appendix 1 for information on the localities.

Gallo (17.45661°N, 100.192947°W), 2050m". However, when preparing this note we asked for a revision of the associated data of that specimen in the collection where it was deposited and corroborated that the correct locality information was "0.8 km SE San Andrés de La Cruz (17.25556°N, 100.35138°W), 750 m". Hence, the elevation range of the species in Guerrero is 38–986 m based on the new information presented herein and 38–2130 m for the species overall range.

An additional vouchered specimen from Barra Vieja, municipality of Acapulco de Juárez is deposited at the MZFC according to its database (MZFC 1663) but could not be located, and a specimen from the Colección Nacional de Anfibios y

Reptiles (CNAR 7391) from Santiago Pinotepa Nacional, Oaxaca is reported in its database but was not examined by us (Figure 2). Given the new localities reported it is likely that these localities are accurate, and that the species may have been present at them but recently extirpated. However, it cannot be ruled out that these are misidentification with the similar looking species *Agalychnis dacnicolor* that is common along the Pacific Coastal Plain.

Acknowledgements.– We would like to thank Gregory Pandelis, Jonathan A. Campbell (UTA), Oscar Flores Villela and Leticia M. Ochoa Ochoa (MZFC) for sharing locality information of the specimens deposited at the collections under their charge.

Diana L. Fuentes helped accessioning digital photographs as vouchers at the digital collection of the MZFC. Juan Diego Arias Montiel kindly elaborated Figure 1.

LITERATURE CITED

- Arrazola-Bohórquez, R. & R. Palacios-Aguilar. 2022. First verified record of *Thamnophis validus* (Squamata: Natricidae) from Oaxaca, Mexico. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 5:109-111.
- Campbell, J.A. 1998. Amphibians and Reptiles of Northern Guatemala, the Yucatan, and Belize. Animal Natural History Series. Norman, Oklahoma: University of Oklahoma Press.
- Canseco-Márquez, L., M.G. Gutiérrez-Mayén & J. Salazar-Arenas. 2000. New records and range extensions for amphibians and reptiles from Puebla, Mexico. *Herpetological Review* 31:259-263.
- Duellman, W.E. 1965. A biogeographic account of the herpetofauna of Michoacan, Mexico. University of Kansas Vol. 15:627-709.
- Duellman, W.E. 1970. The hylid frogs of Middle America. 2 volumes. Monograph. Museum of Natural History, University of Kansas:1-753.
- Palacios-Aguilar, R. & O. Flores-Villela. 2018. An updated checklist of the herpetofauna from Guerrero, Mexico. *Zootaxa* 4422:1-24.
- Vázquez-Vega, L., I.W. Cavides-Solís, I. Solano-Zavaleta, R. Villegas-Garcías & O. Flores-Villela. 2015. Distribution Notes: *Agalychnis moreletii* (Duméril, 1853). *Mesoamerican Herpetology* 2:538-539.



APPENDIX 1 / APÉNDICE 1

Localities from Guerrero, Mexico plotted on Figure 2. Those marked with * represent new localities reported herein. Information was obtained from our personal fieldwork and revision of vouchered specimens, and scientific collections catalogues.

Localidades de Guerrero, México trazadas en la Figura 2. Las marcadas con * representan nuevas localidades reportadas aquí. La información se obtuvo de nuestro trabajo de campo personal y revisión de especímenes registrados y catálogos de colecciones científicas.

Specimen	Municipality	Locality	Latitude	Longitude	Elevation
UTA A-56443	Atoyac de Álvarez	0.8 km SE San Andrés de La Cruz	17.25556	-100.35138	750
MZFC-IMG 53*	Petatlán	3.5 km de Colonia Juárez	17.59169	-101.15621	986
MZFC-IMG 54*	Chilpancingo de los Bravo	4.15 km SE Tlahuizapa	17.27811	-99.56974	574
MZFC-IMG 55*	Acapulco de Juárez	2.24 km E La Concepción	16.87897	-99.67267	38
MZFC-IMG 56*	Coyuca de Benítez	3.21 km SW Santa Rosa de Lima	17.20828	-99.88194	936
MZFC-IMG 57	Atoyac de Álvarez	0.57 SO San Andres de la Cruz	17.25313	-100.35964	730
MZFC-HE 34450	Atoyac de Álvarez	San Andrés de la Cruz	17.24943	-100.36639	529
MZFC-HE 19378	Atoyac de Álvarez	San Vicente de Benítez	17.29061	-100.27955	950
MZFC-HE 34937-945	Atoyac de Álvarez	El Paraiso	17.3504	-100.21505	822
MZFC-HE 34979	Atoyac de Álvarez	Río Santiago, cerca del Panteón	17.25069	-100.32047	679

DESCRIPCIÓN DEL RENACUAJO Y VARIACIÓN ONTOGÉNICA DE *RULYRANA MCDIARMIDI* (ANURA: CENTROLENIDAE) DEL SUR DE ECUADOR

DESCRIPTION OF THE TADPOLE AND ONTOGENIC VARIATION OF *RULYRANA MCDIARMIDI* (ANURA: CENTROLENIDAE) FROM SOUTHERN ECUADOR

Jackeline Arpi Lojano^{1*}, Fausto Siavichay¹, Nataly Aguilar¹ & Juan C. Sánchez-Nivicela^{2,3,4}

¹Centro de Conservación de Anfibios, Bioparque Amaru, Autopista Cuenca-Azogues km 10, Cuenca. Ecuador.

²Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Bogotá D.C., Colombia, Grupo de Investigación Evolución y Ecología de Fauna Neotropical.

³Universidad San Francisco de Quito USFQ, Instituto de Diversidad Biológica Tropical iBIOTROP, Museo de Zoología & Laboratorio de Zoología Terrestre, Laboratorio de Zoología Terrestre y Museo de Zoología, Quito 170901, Ecuador.

⁴Instituto Nacional de Biodiversidad INABIO, División de Herpetología, Quito, Ecuador.

*Correspondence: jackelinedanielaarpi@gmail.com

Received: 2023-03-29. Accepted: 2023-07-03. Published: 2023-07-10.

Editor: Leticia M. Ochoa-Ochoa, México.

Abstract.— We describe the tadpole of the glass frog *Rulyrana mcdiarmidi* and provide ontogenetic information, as well as aspects of size and color variation based on a pair that maintained amplexus for 7 hours and nocturnal egg laying and fertilization on the underside of a rock located above water. The clutch contained 96 embryos, with male parental care for 12 days and tadpole release starting on day 15. The tadpole is characterized by short spiracle and cloacal tube, a long and robust tail with a subacute tip and myotomes along its entire length, caudal fins throughout the tail and reaching their maximum height after the midpoint, medium-sized oral disc with 28 papillae, fully keratinized sheaths, linear upper jaw with 29 teeth, U-shaped lower jaw with 32 teeth, and the dental formula is described. The tadpole is mainly characterized by a coloration ranging from brown to reddish ochre, and in later stages, it becomes yellowish-green with diffuse yellowish-green spots on the dorsum. Additionally, we describe the ontogeny in *R. mcdiarmidi* tadpoles at each stage. Finally, we present aspects of *ex situ* management and information derived from this type of management that are important for a better understanding of the species.

Keywords.— Amphibian, *ex situ*, glass frog, Gosner stages.

Resumen.— Describimos el renacuajo de la rana de cristal *Rulyrana mcdiarmidi* e información ontogénica, así como, aspectos de la variación de tamaños y coloración a partir de una pareja que mantuvo un amplexo de 7:00 horas y una puesta y fertilización nocturna en la superficie inferior de una roca ubicada sobre el agua. La puesta contuvo 96 embriones, con cuidado parental del macho por 12 días y liberación de los renacuajos a partir del día 15. El renacuajo se caracteriza por tener el espiráculo y tubo cloacal cortos, cola larga y robusta de punta subaguda con miotomas en toda la longitud, aletas caudales distribuidas por toda la cola y alcanzan su altura máxima después de la mitad de la cola, disco oral mediano, con 28 papilas, vainas totalmente queratinizadas, en la mandíbula superior lineales con 29 dientes y en mandíbula inferior en forma de U con 32 dientes y se describe la fórmula dental. El renacuajo se caracteriza principalmente por tener una coloración entre marrón y un ocre rojizo, en etapas posteriores se vuelve un amarillo verdoso con puntos difusos amarillos verdosos en el dorso. Además, describimos la ontogenia en los renacuajos de *R. mcdiarmidi* en cada etapa del renacuajo. Finalmente, presentamos aspectos del manejo *ex situ* e información que se toma desde este tipo de manejo importantes para comprender mejor a la especie.

Palabras clave.— Anfibio, etapas Gosner, *ex situ*, rana de cristal.

INTRODUCCIÓN

Las ranas de cristal Centrolenidae (Taylor, 1951) están presentes en el Neotrópico, desde el sur de México hasta el norte de Argentina (Frost 2023; Cisneros-Heredia et al., 2008). La mayor concentración de su diversidad está en los bosques nublados de los Andes de Colombia y Ecuador (Delia et al., 2010). En Ecuador se conocen 63 especies y esta diversidad aún está en aumento (Guayasamin et al., 2022; Ron et al., 2022). Sin embargo, aspectos de su ecología reproductiva, ontogenia y morfología larval, aún son desconocidos para la mayoría de sus especies (Guayasamin et al., 2020).

Las ranas de cristal colocan sus huevos en hojas o rocas ubicadas en los márgenes o sobre riachuelos y los renacuajos, durante su desarrollo larval, pueden ser exotróficos, lóticos y madriguera/fosorial (Delia et al., 2010; Duellman & Trueb, 1986). A pesar de conocerse los hábitos reproductivos y aspectos de la ecología larval, se conoce únicamente la morfología larval de 12 especies en el Ecuador (Starrett, 1960; Duellman, 1978; Hero, 1990; Rueda-Almonacid, 1994; Ibáñez et al., 1999; Hoffman, 2004; Terán-Valdez et al., 2009; Terán-Valdez et al., 2014).

Rulyrana mcdiarmidi es una especie que habita en los bosques montanos y piemontanos del centro-sur de la vertiente oriental de Ecuador, con un registro en el norte de Perú (Cisneros-Heredia et al., 2008; Guayasamin et al., 2020; Ron et al., 2022). Sin embargo, la ontogenia y morfología de sus renacuajos, no se ha descrito aún para ninguna de las seis especies conocidas del género.

En este trabajo se describe la larva de *R. mcdiarmidi*, rescatada junto con otros anfibios del área de influencia del proyecto minero “Mirador” (ECSA, 2022) en el sur oriente del Ecuador y mantenidas bajo cuidado humano en el Centro de Conservación de Anfibios AMARU, en la ciudad de Cuenca, Ecuador. Se brinda información sobre su reproducción y variación ontogénica, así como el proceso de acondicionamiento y enriquecimiento que se implementó para lograr el desarrollo de esta especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los parentales se extrajeron del área de influencia del proyecto minero “Mirador”, parroquia Tundayme (3.56949 S, 78.4328 W, 1,200 m s.n.m.), cantón Pangui, provincia Zamora Chinchipe, Ecuador, el 29 de abril de 2014 por Raquel Betancourt (Fig. 1). El área de recolección corresponde a una quebrada con abundantes rocas y vegetación arbustiva dentro de un bosque montano oriental.

Utilizamos los individuos recolectados en el programa de rescate de flora y fauna del proyecto Mirador-ECSA, ejecutado por la Corporación Senderos y depositados en las instalaciones del Centro de Conservación de Anfibios AMARU (CCA), Cuenca, Ecuador, en mayo de 2014.

Manejo *ex situ*. Cuatro ejemplares (♀ = 2, ♂ = 2) mantenidos en un paludario (Dimensiones: largo = 79cm, ancho = 40cm, alto = 38cm) con sistema de aspersión automatizado configurado tres aspersiones al día. La zona terrestre enriquecida con espacios para percha, ocultamiento y alimentación mediante la incorporación de hojas secas, plantas y varias rocas; cuenta con una roca plana que se extiende sobre la sección inundada a 10 cm de la superficie del agua. Zona acuática (dimensiones: largo = 39cm, ancho = 32cm, profundidad = 17cm) con un volumen de 21.2 litros a 22°C, con rocas desinfectadas previamente con cloruro de benzalconio al 3%. La sección inundada cuenta con un sistema de filtrado y bombeo de agua que actúa como suministro de oxígeno y recirculador, se reemplazó diariamente el 25% de la porción de agua con agua previamente tratada.

Se alimentaron a los individuos adultos con invertebrados (*Acheta domesticus*, *Zophoba morio*, *Tenebrio molitor* y *Galeria mellonella*), criados en los bioterios del Centro de Conservación de anfibios Amaru. El alimento se administró tres veces por semana, alternando el tipo de invertebrado en cada suministro. Se alimentaron a los renacuajos con un suplemento alimenticio en forma de pasta que se untó sobre una roca porosa, cuatro veces por semana.

Descripción del renacuajo. Aleatoriamente se seleccionaron individuos en las etapas 32, 39, 40, 41 y 42 de Gosner y se sacrificaron en una solución de benzocaína al 2%, se fijaron en formaldehído 10%, preservados en alcohol 70% y se depositaron en el Museo Centro de Conservación (CCM) del Bioparque Amaru (lote CCM- Ao567). Para la descripción se usó un individuo en etapa Gosner 32 (CCM-Ao569). Se generó una tabla de datos morfológicos con todos los renacuajos preservados en la colección del Bioparque Amaru que provienen de los mismos parentales, pero en diferentes puestas (lotes CCM-Ao567 y CCM-Ao568) con un total de 21 individuos.

La terminología sigue a McDiarmid & Altig (1999) y Terán-Valdez & Guayasamin (2014). Las medidas, en mm, se tomó con un calibrador digital Caliper (resolución ± 0.01) y redondeadas al 0.1 más cercano. Los caracteres merísticos fueron: **TL** = longitud total (distancia desde la punta del hocico hasta la punta de la cola); **BL** = longitud del cuerpo (distancia desde la punta del hocico hasta el comienzo de la musculatura caudal); **TAL** = longitud de la

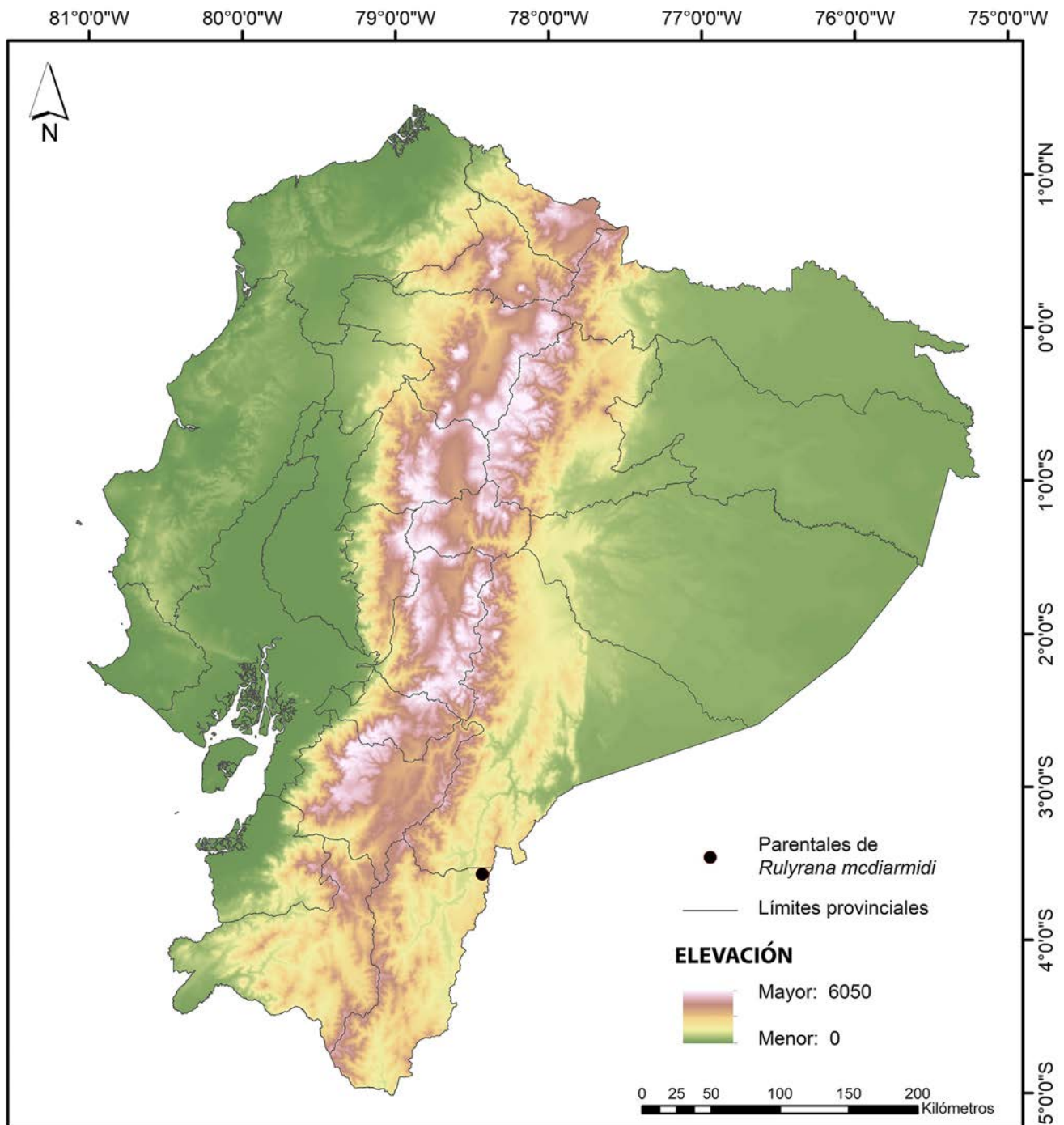


Figure 1. Location map of the collected parents of *Rulyrana mcdiarmidi* on canton El Pangui, Zamora Chinchipe, Ecuador.

Figura 1. Mapa de ubicación de los parentales recolectados de *Rulyrana mcdiarmidi* en el cantón El Pangui, Zamora Chinchipe, Ecuador.

cola (distancia desde el comienzo de la musculatura caudal hasta punta de la cola); **BW** = ancho del cuerpo (ancho del cuerpo en el nivel del espiráculo); **BH** = altura del cuerpo (altura del cuerpo detrás de los ojos); **IND** = distancia internarinal (distancia entre

los centros de las aperturas nariales); **NSD** = distancia fosa nasal-hocico (distancia entre el centro de la fosa nasal y la punta del hocico); **NED** = distancia fosa nasal-ojo (distancia entre centro de la abertura de la fosa nasal hasta el borde anterior del ojo);

IOD = distancia interorbital (distancia entre el borde interno de los ojos); **SAD** = diámetro de la apertura del espiráculo; **SSD** = distancia espiráculo-hocico (distancia entre la punta del hocico y borde posterior del espiráculo); **ESD** = distancia ojo-hocico (distancia entre la punta del hocico y borde más anterior del ojo); **MTH** = altura máxima de la cola (altura de la cola, incluidas las aletas, donde la cola alcanza su altura máxima); **TMH** = altura del músculo de la cola (altura de la musculatura caudal al comienzo de la cola); **TMW** = ancho del músculo de la cola (ancho del músculo en el comienzo de la cola); **DFH** = altura de la aleta dorsal (altura máxima de la aleta dorsal); **VFH** = altura de la aleta ventral (altura máxima de la aleta ventral); **ODW** = ancho del disco oral (diámetro transversal de disco oral); **VJW** = ancho de la vaina de la mandíbula superior; **LJW** = anchura de la vaina de la mandíbula inferior; **VTL** = longitud del tubo cloacal (distancia

entre comienzo del tubo cloacal y su apertura); **VTW** = ancho del tubo cloacal (ancho transversal del tubo cloacal).

El desarrollo ontogenético se documentó desde el día de la puesta hasta la terminación de la metamorfosis, y se cuantificaron los tiempos entre las diferentes etapas de desarrollo. Para describir la coloración en las diferentes etapas de desarrollo se hizo un registro fotográfico de los individuos. Adicionalmente, se contabilizó el número de embriones en las diferentes puestas.

RESULTADOS

El 17 de marzo 2022, a las 16:00 h se observó una pareja en amplexus, los individuos estuvieron perchados cerca de la roca

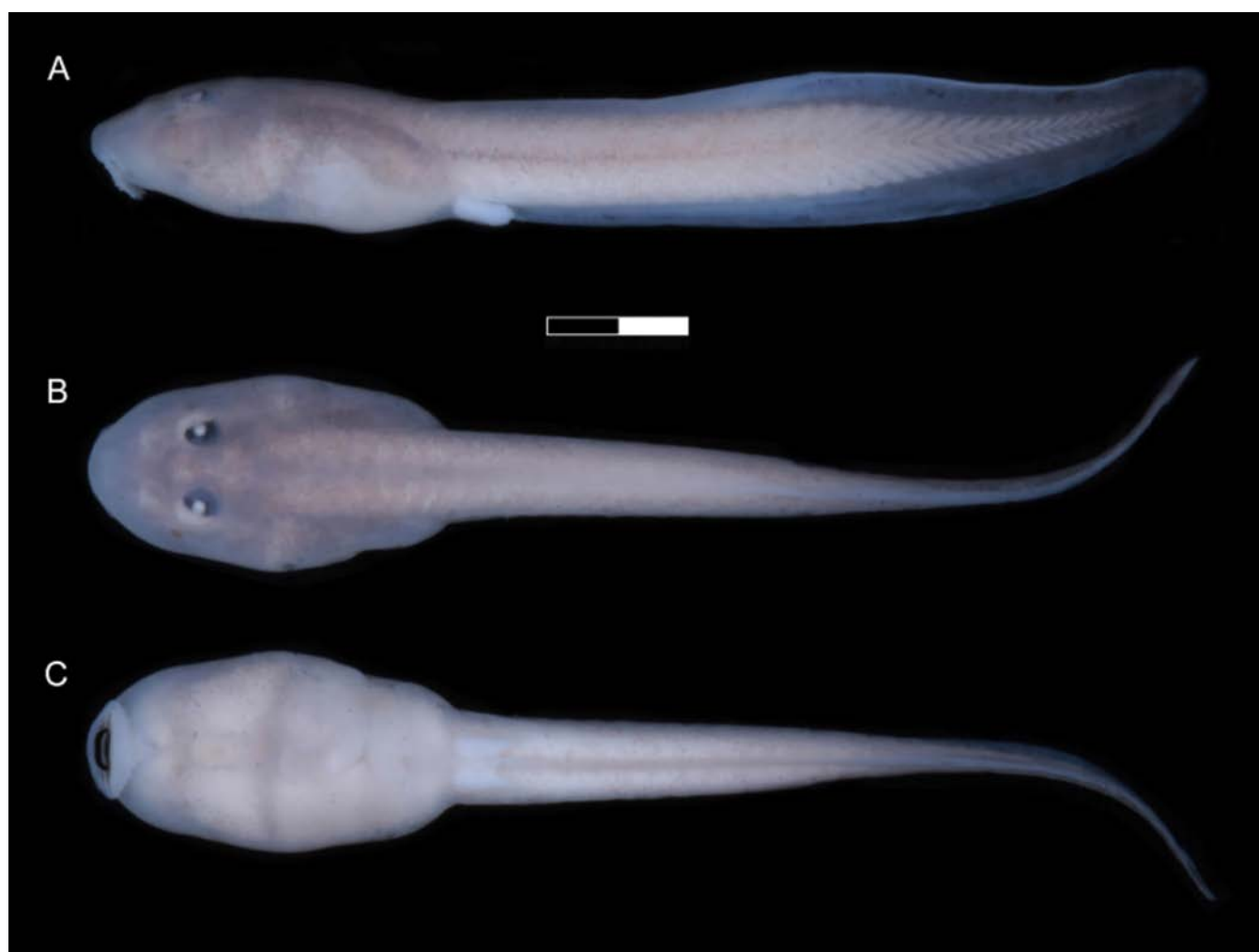


Figure 2. Photographs of preserved tadpole of *Rulyrana mcdiarmidi* (CCM-A0569). A. lateral view, B. dorsal view, C. dorsal view. Scale = 4mm. Photos: Juan Carlos Sánchez N.

Figura 2. Fotografías del renacuajo preservado de *Rulyrana mcdiarmidi* (CCM- A0569). A. vista lateral, B. vista dorsal, C. vista ventral. Escala = 4mm. Fotos: Juan Carlos Sánchez N.

plana, sin alejarse de esta ubicación con escasos desplazamientos. Durante la noche a las 23:00 h aproximadamente la puesta fue depositada debajo de la roca ubicada a 10 cm de la superficie del agua. La puesta contenía 96 embriones y durante 12 días el macho se mantuvo a 5 cm de la puesta. Las larvas se liberaron a partir del día 15 después de la puesta y continuó por tres días.

Descripción del renacuajo. CCM-A0569, cuerpo alargado, mucho más largo que ancho, extremo posterior menos ancho que el extremo anterior; BL 33.8% de TL; hocico redondeado en vistas dorsal y lateral; IND 45.5% mayor que IOD; narinas situadas antero dorsalmente entre la punta del hocico y el ojo; espiráculo corto (9.6% de BL), único, ubicado desde la punta del hocico a 72.2% de TL, al lado izquierdo en la región posterolateral del cuerpo, apertura del espiráculo con orientación dorso posterior; tubo cloacal corto, abdominal y medial; cola larga y robusta con punta subaguda (67.7% de BL); miotomas visibles en toda la longitud de la cola; línea medial recta visible, separando los miotomas dorsales y ventrales; aleta dorsal y ventral se originan en la superficie y base respectivamente del músculo de la cola, alcanzan su altura máxima después de la mitad de la longitud de la cola (Fig. 2); el extremo distal caudal agudo menor de 30°; disco oral mediano (43.4% de BW), región anteroventral, rodeada de

28 papilas con brechas amplias, regiones laterales con brechas estrechas; configuración de fila sencilla y alineada; vainas de la mandíbula superior lineales con bordes obtusos (longitud = 1.1mm), con 29 dientes; vaina de la mandíbula inferior en forma de U (longitud = 0.7 mm), con 32 dientes, ambas vainas completamente queratinizadas; VJW 41.6% de DDW; LJW 27.3% de DDW; fórmula de dientes labiales 2(2)/3; fila de dientes A-1 = 1.8 mm de largo; fila de dientes A-2 interrumpida por la vaina de la mandíbula superior, lado derecho = 0.4 mm, lado izquierdo = 0.3 mm; fila de dientes P-1 = 2.1 mm; fila de dientes P-2 = 1.8 mm; fila de dientes P-3 1.1 mm.

Medidas del renacuajo (mm). LT = 33.4, BL = 10.8, TAL = 22.6, BW = 6.2, BH = 3.6, IND = 2.0, NSD = 1.7, NED = 1.0, IOD = 1.3, SAD = 0.6, SSD = 8.2, ESD = 3.2, MTH = 4.0, TMH = 2.4, TMW = 3.1, DFH = 0.9, VFH = 0.8, DDW = 2.7, VJW = 1.1, LJW = 0.7, VTL = 1.2, VTW = 0.5.

Color en vida. Las superficies lateral y ventral del cuerpo son translúcidas; el dorso presenta un patrón de aspecto escamado, ocre rojizo desde la boca hasta el espiráculo y gris desde el espiráculo hacia la cloaca; un patrón de puntos grises más oscuros que el dorso se agrupan en la zona lateral que se vuelven



Figure 3. Tadpoles of *Rulyrana mcdiarmidi* lateral view. A. stage 35 in life, B. stage 39 preserved (CCM-A0567). Scale = 4mm. Photos: Jaime Culebras and Juan Carlos Sánchez N.

Figura 3. Renacuajos de *Rulyrana mcdiarmidi* vista lateral. A. etapa 35 en vida, B. etapa 39 preservado (CCM-A0567). Escala = 4mm. Fotos: Jaime Culebras y Juan Carlos Sánchez N.

difusos en la zona ventral. En vista ventral se distinguen los intestinos color crema a verde, corazón rojo intenso; la región branquial es rosa. Algunos individuos muestran un patrón dorado difuso en la parte ventral. La región bucal es de color blanco translucido, se pueden distinguir completamente las filas de los dientes inferiores. La cola presenta un color gris claro, con aletas dorsal y ventral traslúcidas (Fig. 3A).

Color en preservación. El dorso y la cola permanecen con el color gris claro y las aletas dorsal y ventral se vuelven parcialmente opacas. La zona ventral cambia a una crema blanquecina (Fig. 3B).

Notas del desarrollo ontogénico. Todas las puestas ($n = 5$), fueron depositadas en horas de la noche debajo de una roca plana que se encuentra sobre la superficie del agua, con 89 a 120 embriones por puesta ($\bar{X} = 98.8$, $\sigma = 14.3$). Los huevos son esféricos, presentan una coloración gris claro pálido con un borde oscuro, en algunas ocasiones se han observado embriones bicolors que combina un gris claro con otro oscuro y completamente blancos

($\approx$ gris pálido = 82.2%, bicolor = 15%, blancos = 2.8%) (Fig. 4). Los embriones, dentro de la puesta, llegan a la etapa 17 de Gosner en 4 días donde se observa el primer movimiento sincrónico.

A los 15 días (etapa 25 de Gosner) los primeros embriones eclosionan y comienzan su vida libre, sin embargo, no todos eclosionan simultáneamente, se observó que los últimos embriones eclosionaron 3 días después de los primeros. Los datos de morfometría de los renacuajos se presentan en la Tabla 1. Desde la etapa 25 a 28 se observa un incremento de TL y este proceso llega a tardar aproximadamente 24 días. Las etapas posteriores llegan a tomar hasta cuatro días por cada etapa de desarrollo. Los individuos alcanzaron su tamaño máximo en la etapa 39, a partir de este punto TL comienza a decrecer (Fig. 5). Las almohadillas digitales de las extremidades posteriores se desarrollan en la etapa 39 (Fig. 3B), mientras que, para los dígitos de los miembros anteriores se desarrollan en la etapa 40, antes de que las extremidades se liberen del cuerpo del renacuajo (Fig. 6). La morfología general se modifica a partir de la etapa 41, el hocico se vuelve truncado y los ojos se observan totalmente



Figure 4. Clutch with 122 *Rulyrana mcdiarmidi* eggs. Photography: Fausto Siavichay. / **Figura 4.** Masa con 122 huevos de *Rulyrana mcdiarmidi*. Fotografía: Fausto Siavichay.

Table 1. Averaged tadpole dimensions of *Rulyrana mcdiarmidi*. Measurement abbreviations: **LT** = Total length, **BL** = Body length, **TAL** = tail length, **BW** = body width, **BH** = Body height, **IND** = internarinal distance, **NSD** = Nostril-snout distance, **NED** = Nostril-eye distance, **IOD** = interorbital distance, **SAD** = Spiracle aperture diameter, **SSD** = spiracle-snout distance, **ESD** = Eye-snout distance, **MTH** = Max tail height, **TMH** = Tail muscle height, **TMW** = Tail muscle width, **DFH** = Dorsal fin height, **VFH** = Ventral fin height, **ODW** = Oral disc width, **VJW** = upper jaw sheath width, **LJW** = lower jaw sheath width, **VTL** = vent tube length, **VTW** = vent tube width.

Tabla 1. Dimensiones promediadas de renacuajos de *Rulyrana mcdiarmidi* en 11 etapas Gosner. Abreviaciones de medidas: **TL** = longitud total, **BL** = longitud del cuerpo, **TAL** = longitud de la cola, **BW** = ancho del cuerpo, **BH** = altura del cuerpo, **IND** = distancia internarinal, **NSD** = distancia fosa nasal-hocico, **NED** = distancia fosa nasal-ojo, **IOD** = distancia interorbital, **SAD** = diámetro de la apertura del espiráculo, **SSD** = distancia espiráculo-hocico, **ESD** = distancia ojo-hocico, **MTH** = altura máxima de la cola, **TMH** = altura del músculo de la cola, **TMW** = ancho del músculo de la cola, **DFH** = Altura de la aleta dorsal, **VFH** = Altura de la aleta ventral, **ODW** = ancho del disco oral, **VJW** = ancho de la vaina de la mandíbula superior, **LJW** = anchura de la vaina de la mandíbula inferior, **VTL** = longitud del tubo cloacal, **VTW** = ancho del tubo cloacal.

Etapas	26	27	29	32	34	35	36	37	39	41	42
Nº	2	1	1	1	1	5	1	1	1	3	4
TL	22.4 ± 0.6	28.6	31.0	33.4	32.2	31.6 ± 1.9	34.8	34.9	35.8	32 ± 2.8	29.1 ± 3
BL	8.2 ± 2.5	8.7	10.2	10.8	10.4	9.9 ± 0.7	9.6	10.8	11.6	9.9 ± 0.5	10.1 ± 1
TAL	15.8 ± 0.9	20.0	20.8	22.6	20.8	21.9 ± 1.9	25.3	23.7	24.2	22 ± 3.1	19 ± 2.26
BW	3.6 ± 1.5	4.9	5.5	6.2	5.4	4.9 ± 0.3	5.6	5.4	6.1	5.1 ± 0.1	4.2 ± 0.9
BH	2.3 ± 0.7	3.0	3.2	3.6	4.4	3.5 ± 0.6	3.3	3.8	4.7	3.2 ± 0.3	3 ± 0.1
IND	1.1 ± 0.4	1.5	1.9	2.0	1.9	1.9 ± 0.2	1.9	1.9	1.2	1.2 ± 0.1	1.1 ± 0.1
NSD	1.1 ± 0.2	1.3	1.4	1.7	1.8	1.6 ± 0.2	1.2	1.6	2.2	1.4 ± 0.2	1.2 ± 0.4
NED	0.5 ± 0.1	0.5	0.9	1.0	0.8	0.8 ± 0.1	1.5	9.9	0.8	1 ± 0.3	0.9 ± 0.2
IOD	0.9 ± 0.2	1.2	1.0	1.3	1.4	1.4 ± 0.2	1.2	1.1	1.6	1.3 ± 0.2	1.6 ± 0.3
SAD	0.4 ± 0.1	0.4	0.7	0.5	0.7	0.5 ± 0.1	0.5	0.6	1.0	–	–
SSD	5.2 ± 1.5	6.0	7.7	8.2	7.4	7.7 ± 0.5	8.3	8.1	8.4	–	–
ESD	1.6 ± 0.01	2.2	2.4	3.2	2.9	2.7 ± 0.2	2.4	3.0	3.0	2.6 ± 0.4	2.4 ± 0.2
MTH	3.3 ± 0.1	3.3	3.9	4.0	3.6	4 ± 0.3	5.4	4.2	5.6	3.6 ± 0.2	2.7 ± 0.5
TMH	1.8 ± 0.3	2.2	2.8	2.4	2.6	2.5 ± 0.1	3.1	2.1	3.2	2.4 ± 0.4	2 ± 0.5
DDW	1.7 ± 0.6	2.2	2.6	2.7	2.3	2.7 ± 0.3	2.6	2.5	2.4	2.4 ± 0.1	1.7 ± 0.2
VTL	0.5 ± 0.1	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2 ± 0.2	0.5	0.6	0.8	–	–
VTW	0.4 ± 0.1	0.5	0.4	0.5	0.5	0.4 ± 0.1	0.3	0.5	0.2	–	–

desarrollados, con la pupila horizontal; el cuerpo se ensancha en un 8% y los miembros anteriores están visibles bajo la piel. Las primeras larvas completaron su desarrollo desde su eclosión hasta emerger del agua (etapa 42 de Gosner) en aproximadamente 80 días. Las larvas no emergen sincrónicamente, algunas llegan a tardar hasta 28 días.

La coloración de los renacuajos entre las etapas 25 a 28 es gris oscuro hacia el dorso y traslúcido hacia el vientre, la cola también es gris oscuro con algunos puntos gris pálidos dispersos en los extremos de la cola (Fig. 7A). Desde la etapa 28 hasta 40, gris

claro a ocre rojizo dorsalmente y gris claro uniforme en la cola (Fig. 7B). En la etapa 40 se torna amarillo verdoso con puntos amarillentos difusos en el dorso y puntos pequeños oscuros dispersos en el dorso y extremidades, la parte de la cola presenta partes doradas escarchadas (Fig. 7C).

Finalmente, luego de emerger del agua completan su metamorfosis (etapa 46 de Gosner) a los 12 días (Fig. 8). La primera generación alcanzó la madurez sexual a los 23 meses y tuvieron su primera puesta fértil el 09 de junio de 2023.

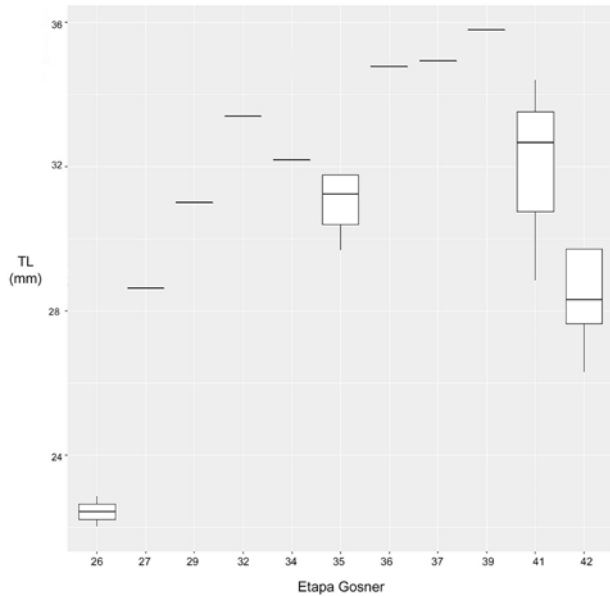


Figure 4 (Left). Box plot of total length (TL) of *Rulyrana mcdiarmidi* tadpoles, maximum total length in Gosner stage 39. A variation of data is observed in Gosner stages 26, 35, 41 and 42.

Figura 4 (Izquierda). Diagrama de cajas sobre datos de longitud total (TL) de renacuajos de *Rulyrana mcdiarmidi*, longitud total máximo en etapa Gosner 39. Se observa una variación de datos en etapas Gosner 26, 35, 41 y 42.

DISCUSIÓN

Descripciones en etapas tempranas de renacuajos y la escasa de información sobre la morfología y ontogenia en centrolenidos, dificulta hacer una comparación entre especies. A pesar de que características morfológicas de disco oral, espiráculo, tubo cloacal y patrones de coloración facilitan la identificación de especies, la variación interespecífica en las diferentes etapas de desarrollo no ha sido totalmente documentada impidiendo realizar una adecuada identificación comparativa (Altig & Johnston 1989; Castillo-Trenn 2004; Rada et al., 2007).



Figure 6. Photograph of preserved Gosner stage 40 *Rulyrana mcdiarmidi* tadpole showing the digital pads on the forelimbs before the limbs are released from the larval body. Photo: Juan Carlos Sánchez N.

Figura 6. Fotografía de un renacuajo de *Rulyrana mcdiarmidi* preservado en etapa 40 de Gosner donde se observa las almohadillas digitales en las extremidades anteriores antes de que los miembros se liberen del cuerpo de la larva. Foto: Juan Carlos Sánchez N.



Figure 7. Tadpole ontogeny of *Rulyrana mcdiarmidi* in life A. stage 25, B. stage 28, C. stage 41. Scale = 4mm. Photos: Juan Carlos Sánchez N.

Figura 7. Ontogenia de renacuajos de *Rulyrana mcdiarmidi*. A. etapa 25, B. etapa 28, C. etapa 41. Escala = 4mm. Fotos: Juan Carlos Sánchez N.

La descripción del renacuajo de *R. mcdiarmidi* es la primera de su género. La fórmula dentaria 2(2) /3, igual a *Cochranella resplendens* y *Hyalinobatrachium aureoguttatum* a diferencia de *Centrolene daidalea* 2/2, *Chimerella mariaelenae* 2(1)(2) /3 y *Hyalinobatrachium ibama* 2/3. Sin embargo, en *R. mcdiarmidi* la dentición larval se encuentra totalmente desarrollada en etapas 27–38, sin observarse en etapas previas y perdiéndose en etapas posteriores, a partir de la etapa 39 la fila A-1 comienza a desaparecer, seguido de P-3, tal es el caso de *Hyalinobatrachium ibama*, que después de la etapa 31, la hilera de dientes P-3 tiende a desaparecer (Rada et al., 2007; Terán-Valdez et al., 2009; Terán-Valdez & Guayasamin, 2014).

El disco oral de *R. mcdiarmidi* presenta brechas amplias y estrechas, se ubica en la región anteroventral, con una fila de dientes (A-2) interrumpida por la vaina de la mandíbula superior, estas características se asemejan más a *Espadarana prosoblepon*,

Chocranella granulosa e *H. fleischmanni* (Starrett, 1960). Sin embargo, esta morfología se describe en la etapa Gosner 32 para *R. mcdiarmidi*, mientras que para las especies mencionadas se desconoce la etapa en las que se describieron. Se observa que existen variaciones en el tamaño y forma de las papilas, volviéndose más notorias en etapas desarrollo avanzados por lo que existen limitantes para realizar comparaciones entre especies.

Rulyrana mcdiarmidi presenta un tubo cloacal corto, al igual que *Centrolene andinum*, *C. buckleyi*, *C. daidalea*, *C. hybrida*, *Cochranella pulverata*, y *C. resplendens* (Rada et al., 2007). Gosner (1960) informa que el tubo cloacal desaparece en la etapa 41 o después, condición que sí se presenta en *R. mcdiarmidi* en la etapa 41. Sin embargo, esta característica del tubo cloacal varía entre especies desapareciendo en etapas más tempranas (Fabrezi & Quinzio, 2008; Terán-Valdez & Guayasamin, 2014).

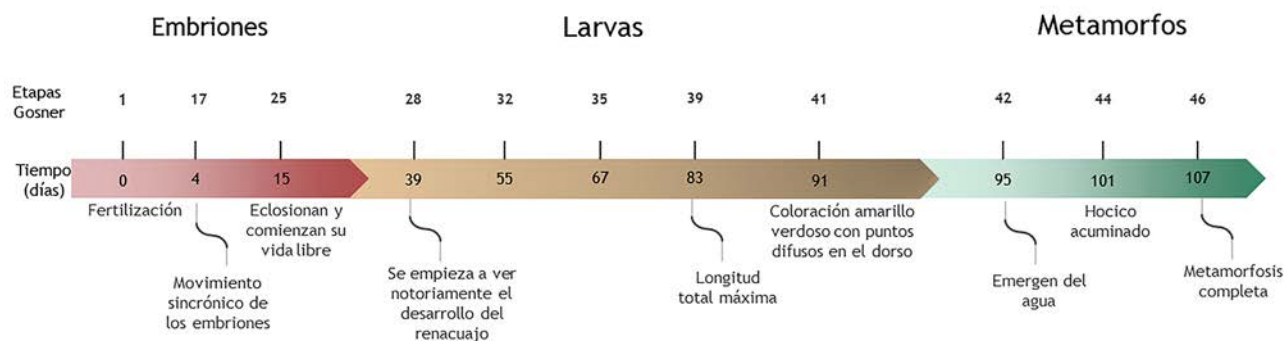


Figure 8. Línea de tiempo en días desde la fertilización de los huevos hasta completar la metamorfosis de los renacuajos de *Rulyrana mcdiarmidi*. Los números superiores corresponden a las etapas Gosner. La gama escarlata corresponde al desarrollo embrionario, desde su fertilización hasta su eclosión. La gama marrón corresponde al desarrollo larval, desde su comienzo en vida libre hasta que emergen del agua. La gama esmeralda corresponde a los metamorfos, desde su vida fuera del agua, hasta que pierden completamente la cola.

Figura 8. Time line in days from the fertilization of the eggs to the completion of the metamorphosis of tadpoles *Rulyrana mcdiarmidi*. The numbers at the top correspond to the Gosner stages. The scarlet spectrum corresponds to embryonic development, from fertilization to hatching. The brown spectrum corresponds to larval development, from their beginning in free life until it emerges from the water. The emerald spectrum corresponds to metamorphs, from their life out of water, until completely losing the tail.

A partir de la etapa 28, *R. mcdiarmidi* presenta un color dorsal gris claro con ocre rojizo, similar con *C. andinum*, *Centrolene buckleyi*, *C. mariaelenae*, *Espadarana prosoblepon* e *Hyalinobatrachium fleischmanni* (Starrett, 1960; Villa & Valerio, 1982; Savage, 2002; Terán-Valdez & Guayasamin, 2014). Esto se debe a su piel vascularizada por tener hábitos fosoriales y se expresa de acuerdo a la disponibilidad del oxígeno (McDiarmid & Altig, 1999), condición que puede variar bajo *ex situ* (Rada et al., 2007) y explica la variación registrada en los ejemplares estudiados.

Las variaciones de coloración de los huevos no son producto de las primeras etapas de embriogenia, esta diferencia de color de los huevos se presenta desde la primera etapa de fertilización. Se ha observado también que el 2.8% de los huevos con coloración blanca llegan a ser infértiles, puesto a que no se observa ningún cambio y se observa la presencia de hongos, mientras que, el resto continúa su desarrollo embrionario con normalidad.

El proceso de metamorfosis de *R. mcdiarmidi* se completó en un periodo de tres meses (95–97 días), con variaciones notorias de tamaño en las etapas 26, 35, 42 de Gosner. Este tiempo y variabilidad se asocian con la disponibilidad y contenido nutricional del alimento durante su cuidado. La Marca & Castellanos (2018), establece que, el alimento ofrecido a renacuajos debe contener calcio, magnesio, fósforo y potasio, necesarios para el desarrollo óseo y mantenimiento de tejidos, combinados con vitaminas A, B1, B2, B3, B5, B7, B12, C, D y E, que permiten sintetizar y metabolizar carbohidratos, proteínas grasas, que influyen en la construcción de la masa muscular y

huesos, permitiendo el crecimiento de células y membranas. Rada (2007) reporta un periodo superior a cinco meses, desde la eclosión hasta la metamorfosis de *C. daidalea* y *H. ibama*. Las diferencias en los tiempos de desarrollo pueden ser específicos para cada especie, sin embargo, durante este estudio, se observó que, los individuos cambian sus preferencias alimenticias a lo largo de su desarrollo larval, siendo el requerimiento proteico más alto en las últimas etapas larvales, por lo que, el tiempo de desarrollo y el tiempo en la transición entre etapas de desarrollo, parece depender de las condiciones que permitan obtener los recursos nutritivos adecuados.

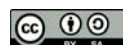
CONCLUSIÓN

Mantener especies de anfibios *ex situ* permite identificar aspectos relevantes en el comportamiento y la morfología, como es el caso de *R. mcdiarmidi* donde se logró documentar el desarrollo larval y ontogenia por primera vez. El desarrollo larval bajo cuidado humano y la supervivencia va a depender de las exigencias de las especies y técnicos de laboratorio. Por lo que, generar esta información in-situ nos permitiría determinar variaciones de tamaños y tiempo de las larvas. Implementar protocolos de cuidado y reproducción de *R. mcdiarmidi* abre la posibilidad de incluir otras especies del género, para conocer los hábitos reproductivos y aspectos de la ecología larval de las especies del género *Rulyrana* que aún no han sido identificadas, y de esta manera promover su conservación. Finalmente, la dieta de las larvas requiere un mayor análisis bromatológico para que se pueda afinar el protocolo a las necesidades de la especie según su etapa larval.

Agradecimientos.— Los autores agradecen a Raquel Betancourt por el trabajo en campo y movilización de los ejemplares al Centro de Conservación de Anfibios Amaru. Al Zoológico de Filadelfia en EEUU por financiar la conservación *ex situ* de las especies amenazadas del Sur del Ecuador, particularmente a Vikram Dewan, Rachel Metz, Lauren Augustine. Al arca de anfibios “Amphibian Ark” por su financiamiento en la implementación de equipos de laboratorio. A Melissa Vanegas por su aporte en la parte estadística de la investigación. A Carolina Bonete por su ilustración digital de la morfología bucal. A Jaime Culebras por su ayuda en la fotografía de los especímenes vivos. A la Fundación AMARU, Ernesto Arbeláez, Victoria Arbeláez, Amanda Vega. A las personas que apoyaron con su trabajo, experiencia y conocimientos en las diferentes etapas del mantenimiento y alimentación Nohemí Torres, Kim Leggel, Carlos Martínez, Juan Fajardo, Fernando Juela, Jazmín Salazar, Blake Klocke, Erica Graber, estudiantes y voluntarios. Este trabajo fue realizado gracias al programa de rescate de flora y fauna en el proyecto Mirador-ECSA ejecutado por la Corporación Senderos bajo el permiso de recolección MAE-DNB-2014-0158 y Permiso de movilización de especímenes de flora y Fauna silvestre MAE-DPAZCH-2014-0978. Todos los procedimientos siguieron las directrices y normas éticas del Centro de Conservación de Anfibios y Bioparque Amaru para el manejo de especímenes bajo cuidado humano.

LITERATURA CITADA

- Altig, R. & G.F. Johnston. 1989. Guilds of anuran larvae: relationships among developmental modes, morphologies, and habitats. *Herpetological Monographs* 3:81-109.
- Castillo-Trenn, P. 2004. Description of the tadpole of *Colostethus kingsburyi* (Anura: Dendrobatidae) from Ecuador. *Journal of Herpetology* 38:600-606.
- Cisneros-Heredia, D.F., P.J. Venegas, M. Rada, & R. Schulte. 2008. A new species of glassfrog (Anura: Centrolenidae) from the foothill Andean forests of Ecuador and Peru. *Herpetologica* 64:341-353.
- 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.
- Duellman, W.E. 1978. The biology of an equatorial herpetofauna in Amazonian Ecuador. *Museum of Natural History Miscellaneous Publications, University of Kansas* 65:1-352.
- Duellman, W.E., & L. Trueb. 1986. *Biology of Amphibians*. McGrawHill, New York 672 pp.
- Ecuacorriente S.A. 2001 <http://www.ecsa.com.ec>. [Consultado en febrero 2022]
- Fabrezi, M., & S.L. Quinzio. 2008. Morphological evolution in Ceratophryinae frogs (Anura, Neobatrachia): the effects of heterochronic changes during larval development and metamorphosis. *Zoological Journal of the Linnean Society* 154:752-780.
- Frost, D.R. 2023. *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 6.1. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA. [Consultado en febrero 2022]
- Gosner, K.L. 1960. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. *Herpetologica* 16:183-190.
- Guayasamin, J.M., D.F. Cisneros-Heredia, R.W. McDiarmid, P. Peña, & C.R. Hutter, C.R. 2020. Glassfrogs of Ecuador: diversity, evolution, and conservation. *Diversity* 12:222.
- Guayasamin, J.M., R. Brunner, A. Valencia-Aguilar, D. Franco-Mena, E. Ringler, A. Armijos, C. Morochz, L. Bustamante, R. Maynard, & J. Culebras, J. 2022. Two new glassfrogs (Centrolenidae: *Hyalinobatrachium*) from Ecuador, with comments on the endangered biodiversity of the Andes. *PeerJ* 10:e13109.
- Hero, J.M. 1990. An illustrated key to tadpoles occurring in the Central Amazon rainforest, Manaus, Amazonas, Brasil. *Amazoniana* 11:201-262.
- Hoffman, H. 2004. Description of the previously unknown tadpole *Hyalinobatrachium pulveratum* (Anura: Centrolenidae). *Revista de Biología Tropical* 56:1-78.
- Ibáñez-D, R., F.E. Jaramillo & C.A. Jaramillo-A. 1999. Ampliación del ámbito de distribución y descripción del renacuajo de la rana de cristal *Hyalinobatrachium aureoguttatum* (Anura: Centrolenidae). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 45:867-870.
- La Marca, E. & M. Castellanos. 2018. Fórmula alimenticia enriquecida para criar renacuajos en cautiverio. *Aark* 17-18.
- McDiarmid, R.W. & R. Altig. 1999. *Tadpoles. The Biology of Anuran Larvae*. The University of Chicago Press, Chicago.



- Rada, M., J.V. Rueda-Almonacid, Á.A. Velásquez-Álvarez, & S.J. Sánchez-Pacheco. 2007. Descripción de las larvas de dos centrolénidos (Anura: Centrolenidae) del noroccidente de la Cordillera Oriental, Colombia. *Papéis Avulsos de Zoologia* 47:259-272.
- Ron, S.R., Merino-Viteri, A. Ortiz, D.A. 2022. Anfibios del Ecuador. Version 2022. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb> [Consultado en enero 2022].
- Rueda-Almonacid, J.V. 1994. Estudio anatómico y relaciones sistemáticas de *Centrolene geckoideum* (Salientia: Anura: Centrolenidae). *Trianea* 5:133-187.
- Savage, J. 2002. The Amphibians and Reptiles of Costa Rica. The University of Chicago Press 934p.
- Starrett, P.H. 1960. Description of tadpoles of Middle American frogs. *Miscellaneous Publications, Museum of Zoology, University of Michigan* 110:1-37.
- Taylor, E.H. 1951. Two new genera and a new family of tropical American frogs. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 64:33-40.
- Terán-Valdez, A., J.M. Guayasamin, & L.A. Coloma. 2009. Description of the tadpole of *Cochranella resplendens* and redescription of the tadpole of *Hyalinobatrachium aureoguttatum* (Anura, Centrolenidae). *Phyllomedusa: Journal of Herpetology* 8:105-124.
- Terán-Valdez, A. & J.M. Guayasamin. 2014. The tadpole of the glassfrog *Chimerella mariaelenae* (Anura: Centrolenidae). *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica* 3:17-22.
- Villa, J. & C.E. Valerio. 1982. Red, white and brown. Preliminary observation on the color of the centrolenid tadpole (Amphibia: Anura: Centrolenidae). *Brenesia* 19:1-16.



HISTOLOGÍA DEL OVARIO Y OVIDUCTO DE LA RANA DE DESARROLLO DIRECTO *OREOBATES DISCOIDALIS* (ANURA: STRABOMANTIDAE)

HISTOLOGY OF THE OVARY AND OVIDUCT OF THE DIRECT DEVELOPING FROG *OREOBATES DISCOIDALIS* (ANURA: STRABOMANTIDAE)

Ana Pucci Alcaide¹, Franco Pucci Alcaide², María Laura Ponssa^{3*} & Adriana A. Michel²

¹Catedra de Histología Animal, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán. Miguel Lillo 205, (4000) San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.

²Instituto de Morfología Animal, Área Zoología, Fundación Miguel Lillo. Miguel Lillo 251, (4000) San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.

³Unidad Ejecutora Lillo, CONICET-Fundación Miguel Lillo. Miguel Lillo 251, (4000) San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina. <https://orcid.org/0000-0002-8750-9680>

*Correspondence: mlponssa@hotmail.com

Received: 2023-12-15. Accepted: 2023-07-04. Published: 2023-07-10.

Editor: Adriana Manzano, Argentina.

Abstract.— *Oreobates discoidalis* is an anuran that reproduces in moist and sheltered habitats, laying relatively large eggs directly on land, and undergoing direct development. In this study, we describe the histology of the sexual organs of mature females during the reproductive period. Our observations reveal ovaries consisting of a single lobe, type 3 ovarian follicles exhibiting sectorization of the cytoplasm due to the accumulation of vitelline platelets, with some of these follicles exhibiting cubic epithelium, and theca formed by two layers in type 3 and 4 ovarian follicles. The oviduct is dominated by acid-type glycoconjugates exhibiting a labyrinthine distribution, organized in a fibrillar and granular manner. This study has revealed distinctive features in the architecture of glucid compounds and the monitoring of oviductal compounds in females of *O. discoidalis*. These characteristics would be suitable for a water-independent mode of reproduction.

Keywords.— Amphibian, female, histology, sexual organs, terrestrial reproduction.

Resumen.— *Oreobates discoidalis* es un anuro que se reproduce en entornos húmedos y protegidos, depositando sus huevos relativamente grandes directamente en tierra y exhibiendo desarrollo directo. En este estudio, se describe la histología de los órganos sexuales de hembras maduras durante el periodo reproductivo de esta especie. Las hembras de *O. discoidalis* presentan ovarios compuestos por un solo lóbulo, así como folículos ováricos tipo 3 con sectorización citoplasmática debido a la acumulación de plaquetas vitelinas. En algunos de estos folículos, el epitelio es de tipo cuboidal, y la teca está formada por dos capas en los folículos ováricos tipo 3. En cuanto al oviducto, se observa una predominancia de glicoconjugados ácidos con una distribución laberíntica, organizados de manera fibrilar y granular. Este estudio ha permitido identificar características particulares en la arquitectura de los compuestos glucídicos y en el seguimiento de los compuestos oviductales en hembras de *O. discoidalis*, las cuales serían adecuadas para un modo de puesta fuera del agua.

Palabras clave.— Anfibios, hembras, histología, órganos sexuales, reproducción terrestre.

INTRODUCCIÓN

Los anfibios presentan una gran diversidad de modos reproductivos, entre los cuales se asume que el modo ancestral implica la puesta de huevos en agua y el desarrollo larval de vida libre (Wake, 1989). Sin embargo, algunos anuros presentan un modo reproductivo “más terrestre”, i.e. colocan sus puestas en tierra o las retienen durante su desarrollo; muchas de estas especies tienen desarrollo directo (Duellman & Trueb, 1986; Wake & Dickie, 1998; Haddad & Prado, 2005; Nunes de Almeida et al., 2021).

La reproducción en los anuros esta potencialmente limitada a un determinado período del año, cuando las condiciones de su hábitat son óptimas para asegurar el correcto desarrollo de los ciclos gonadales y la producción de gametos competentes para la fecundación y posterior desarrollo del embrión (Pierantoni et al., 1984; Paniagua et al., 1990; Fernández & Ramos, 2003). En los ovarios de las hembras sexualmente maduras se desarrollan una serie de etapas de interacción entre las células del linaje germinal u oogonias con las células somáticas (Monroy et al., 1982). La ovogénesis es un proceso durante el cual los oocitos crecen en tamaño por la acumulación de reservas y se diferencia, adquiriendo características que los transforman en gametos aptos para ser fecundados e iniciar el desarrollo embrionario (Bühler et al., 2013). Oliveira & Santos (2004), describen las características morfológicas de las células germinales, a través del estudio del ovario de *Scinax fuscovarius*, su análisis reveló distintos tipos de células: oogonias y oocitos en diferentes estadios, los cuales clasificaron como folículos ováricos tipo I, II, III y IV. Para su clasificación se consideraron características de las células somáticas y de la línea germinal como longitud del folículo, características citológicas de las células foliculares, tecas, cambios en el ooplasma del oocito, formación y distribución de plaquetas vitelinas, cambios de la envoltura nuclear y migración de la vesícula germinal al polo animal. En las células germinales se desencadena una maduración citoplasmática y otra nuclear, que involucra la formación de folículos ováricos previtelogénicos y vitelogénicos, que al finalizar el proceso de ovogénesis formarán oocitos maduros que serán liberados cuando las condiciones ambientales sean óptimas para la ovulación (Oliveira & Santos, 2004).

En el oviducto de anuros, en sentido cráneo caudal, se distinguen las siguientes zonas: Parte Recta (PR), porción que se abre a la cavidad celómica mediante el ostium que colecta a los oocitos durante el proceso de ovulación; Zona Intermedia Proximal (ZIP) o zona de transición, en la que se inicia la formación de asas; Parte Preconvoluta (PPC) región constituida

por asas cortas y prietas que ocupan casi los dos tercios del oviducto; Parte Convoluta (PC), formada por asas largas y anchas de disposición perpendicular con respecto a la anterior, de corta extensión que finaliza en el ovisaco en forma de tubo acodado y replegado que desemboca en la cloaca (Moreno, 1972; Alcaide, 2006). El oviducto está formado, a través de su extensión, por tres túnicas, la cuales desde la luz hacia afuera son: mucosa, muscular y serosa. La túnica mucosa está constituida por un epitelio, una membrana basal y glándulas tubulares que varían en su desarrollo dependiendo de la zona del oviducto; la túnica muscular está formada por fibras musculares lisas mientras que la túnica serosa presenta un epitelio simple y un tejido conectivo subyacente (Moreno, 1972; Moreno & Alcaide, 1978; Alcaide, 2006).

Cualquiera sea el modo de puesta, los oocitos salen a través de la cloaca rodeados por una cubierta gelatinosa organizada, formada por los productos de las células secretoras de la mucosa del oviducto (Olavarría et al., 1968; Pereda, 1970; Moreno & Alcaide, 1978; Beattie, 1980; Alcaide, 1991; Alcaide, 1995). Esta masa gelatinosa afecta la fisiología del huevo y es necesaria para la posterior fecundación (Shaver & Barch, 1960; Katagiri, 1961; 1962, 1963, 1965; Glick & Shaver, 1963; Lee, 1967 a, b; Barbieri & Cabada, 1969; Barbieri & Raisman, 1969; Barbieri & Budeguer, 1973; Winik et al., 1999; Crespo, 2009), ya que posee propiedades bioquímicas que están directamente relacionadas con los variados modos reproductivos de los anuros (Alcaide, 2006; Alcaide et al., 2009; Pucci Alcaide et al. 2011).

El género *Oreobates* incluye 26 especies definidas, entre otros caracteres, por presentar reproducción con huevos terrestre y desarrollo directo, inferido a través de evidencia circunstancial (Padial et al., 2012; Frost, 2021). La biología reproductiva de las especies de *Oreobates* es pobremente conocida, tanto porque cantan esporádicamente como porque presentan baja densidad poblacional (Padial et al., 2008; Akmentins, 2011). En Argentina están presentes dos especies del género: *O. discoidalis* y *O. barituensis*, las cuales se distribuyen en el bosque Montano Subtropical húmedo perteneciente a la ecoregión de las Yungas Andinas (Vaira & Ferrari, 2008). *Oreobates discoidalis* se encuentra entre la hojarasca del sotobosque en áreas de bosque primario y secundario de Yungas (Akmentins et al., 2015). Esta especie se reproduce en lugares húmedos y protegidos, colocando la puesta, de huevos relativamente grandes y con abundante vitelo, directamente en tierra (Rodríguez Gómez et al., 2010; Vaira et al., 2012).

La histomorfología gonadal de especies del género *Oreobates* no ha sido previamente descripta. El objetivo de este trabajo

es analizar la histología de los órganos sexuales de hembras maduras de *O. discoidalis* durante el periodo reproductivo, con el fin de establecer relaciones con el tipo de puesta en tierra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron ovarios y oviductos de hembras maduras de *O. discoidalis* (n = 12). Los ejemplares fueron capturados en el periodo reproductivo de la especie, durante los meses de diciembre a marzo del 2008-2013, en las localidades de Lules y San Javier, provincia de Tucumán (Permiso de colecta Res. N°13-16, DFFSYS), y en la localidad Capital, provincia de Salta (Permiso de colecta Res. N° 000042, Min. de Ambiente y Desarrollo Sustentable), Argentina (Tabla 1).

Los ejemplares fueron llevados al laboratorio donde se anestesiaron y eutanizaron suministrando solución de pulverización de lidocaína al 10%. Este procedimiento fue aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Medicina (UNT) Res. No. 1206.2010. Se realizaron disecciones para extraer los órganos reproductivos, los cuales fueron fotografiados con un microscopio estereoscópico Leica EZ4 con cámara Sony Cyber-shot DSC-W100. Las muestras de ovarios y oviductos se fijaron en formol buffer (0,2M; pH 7) y se conservaron en etanol 70%. Se utilizaron dos procedimientos de inclusión y corte del material: a) se deshidrataron en una serie de soluciones graduadas de etanol, se aclararon en xileno y se incluyeron en Histowax (Leica)

PF: 54-56°C. Se realizaron cortes seriados de 3 a 5 µm de espesor con un micrótopo Zeiss HYRAX S30; b) Se realizó inclusión en Cryoplast para cortes por congelación de 3 a 5 µm de espesor. Las secciones se realizaron a una temperatura que oscilaban entre -20°C y -30°C, con un Criostato Zeiss HYRAX C25. Los cortes se colorearon con Hematoxilina- Eosina (H-E) como técnica de demostración histomorfológica. Además, dado que la hematoxilina, por su basofilia, tiene afinidad por los grupos ácidos de glúcidos y proteínas, y la eosina reacciona en forma específica con las proteínas básicas, fue posible realizar un primer análisis de la presencia de gliconjugados (glicoproteínas y glicolípidos, péptidoglicanos, proteoglicanos y lipoproteínas) (Alcaide et al., 2009).

Para identificar glicosaminoglicanos (GAG) se usó Periodic Acid Schiff (PAS), los diferentes grados de polimerización se interpretan de acuerdo a la intensidad de la coloración, en orden creciente corresponde a PAS+, PAS++, PAS+++, siendo que el PAS+++ corresponde a GAG altamente polimerizados (moléculas de mayor peso), mientras que el PAS+ corresponde a biomoléculas de bajo peso molecular (Pearse, 1960). Para la determinación de compuestos con diferentes radicales ácidos se utilizó Alcian Blue a pH 2,5 y 0,5. El AB a pH 0,5 identifica glicoconjugados ácidos que tiene grupos terminales de tipo sulfatados; con el AB a pH 2,5 se identifican glicoconjugados ácidos con residuos de tipo carboxilados y fosfatados. Esto permite una identificación diferencial de GAG ácidos. Se usó la

Table 1. List of specimens examined of *Oreobates discoidalis*. Histological collection, Instituto de Morfología Animal (Área Zoología, Fundación Miguel Lillo).

Tabla 1. Lista de especímenes examinados de *Oreobates discoidalis*. Colección histológica del Instituto de Morfología Animal (Área Zoología, Fundación Miguel Lillo).

Número de colección	Fecha de colecta (dd/mm/aa)	Localidad
APOD0001	22/02/2008	Dpto. Capital. Pcia. Salta. Argentina.
APOD0002	21/03/2008	Dpto. Capital. Pcia. Salta. Argentina.
APOD0003	2012	Dpto. Capital. Pcia. Salta. Argentina.
APOD0004	06/11/2013	Dpto. Lules. Pcia. Tucumán. Argentina.
APOD0005	27/11/2013	Dpto. Lules. Pcia. Tucumán. Argentina.
APOD0006	27/11/2013	Dpto. Lules. Pcia. Tucumán. Argentina.
APOD0010	05/12/2013	San Javier. Dpto. Yerba Buena. Pcia. Tucumán. Argentina.
APOD0011	05/12/2013	San Javier. Dpto. Yerba Buena. Pcia. Tucumán. Argentina.
APOD0012	05/12/2013	San Javier. Dpto. Yerba Buena. Pcia. Tucumán. Argentina.
APOD0013	05/12/2013	San Javier. Dpto. Yerba Buena. Pcia. Tucumán. Argentina.
APOD0014	05/12/2013	San Javier. Dpto. Yerba Buena. Pcia. Tucumán. Argentina.
APOD0015	05/12/2013	San Javier. Dpto. Yerba Buena. Pcia. Tucumán. Argentina.

Table 2. Oviduct zones of *Oreobates discoidalis*, glandular types, glycoconjugates reaction and figures. Straight Part (PR), Proximal Intermediate Zone (ZIP), Preconvoluted Part (PPC); Convolut Part (PC), Ovisaco (Os).

Tabla 2. Zonas del oviducto de *Oreobates discoidalis*, tipos glandulares, respuesta tintorial, reacción de los glicoconjugados, y figuras donde se ilustran. Parte Recta (PR), Zona Intermedia Proximal (ZIP), Parte Preconvoluta (PPC); Parte Convoluta (PC), Ovisaco (Os).

Zonas del oviducto (mucosa)	Tipos Glandulares presentes (G)	Respuesta tintorial	Glicoconjugados	Figuras
PPC, PC	G1a	H	Biomoléculas con residuos ácidos de glúcidos	8, 11
ZIP, PPC, PC, Os	G1b	E	Proteínas básicas de glicoconjugados	7, 8, 11, 13
PPC, PC	G2a	PAS+	Glicoproteínas y glicolípidos neutros	10, 11
PR, ZIP, PC	G2b	PAS++	Glicoproteínas, mucoproteínas y glicolípidos tipo cerebrósidos	6, 7, 11
ZIP, PPC, PC	G2c	PAS+++	Mucoproteínas neutras muy polimerizadas y proteoglicanos neutros con residuos carboxilados y de ácido siálico	7, 9, 10, 11, 12
PR, ZIP, PPC, PC	G3a	AB pH 0,5	Glicoconjugados residuos ácidos de tipo sulfatados y algunos fosfatos y ac. siálico	6, 7, 9, 11, 12
PR, ZIP, PPC, PC	G3b	AB pH 2,5	Mucoproteínas y proteoglicanos con residuos ácidos (carboxilo y fosfatos)	6, 7, 10, 11, 12
PPC	G4β	TB pH 5,6	Glicoconjugados con residuos fosfatados y ácido siálico	9
PR, PPC	G4γ	TB pH 3,4	Glicoconjugados con residuos sulfatados	9, 10
PPC, Os	G5	AB-PAS	Glicoconjugados ácidos y glicoconjugados neutros (glicoproteínas, mucoproteínas y proteoglicanos)	7, 9, 10, 13

combinación de colorantes AB a diferentes pH con la coloración del PAS para la demostración diferencial de glicoconjugados ácidos frente a glicoconjugados neutros. Esta combinación exhibe color azul y/o magenta según la presencia de diferentes grupos reactivos o la sumatoria tintorial (azul-magenta) indicando la presencia de contenidos mixtos. Para corroborar la presencia de sulfomucinas se usó Azul de Toluidina (TB) a pH 5,6 y 3,4, valuando la metacromasia alcohol resistencia mediante el tratamiento con alcoholes terciarios (Michaelis-Granik, 1945; Pearse, 1960; Barka & Anderson 1965; Humason, 1979). Se realizó la valoración de glicoconjugados que se encuentran presentes en los diferentes tipos glandulares a lo largo de oviducto (Tabla 2).

Los cortes fueron observados con un microscopio óptico ZEISS Lab.A1 con cámara ZEISS AxioCam ERc5s (software ZEN 2012), y fotografiados con un microscopio Leica DM2000 con cámara Leica ICC50HD (software Leica LAZ V4.12) y cámara BASLER (software MICRO Visioner MANUALWSI 2021a).

RESULTADOS

OVARIO

Los ovarios de *O. discoidalis* están formados por un solo lóbulo, siendo el derecho de mayor tamaño. Durante el periodo reproductivo los ovarios ocupan gran parte de la cavidad abdominal, y presentan predominio de folículos ováricos tipo 4. En contacto con los ovarios, unidos por medio de tejido conectivo se observan los cuerpos grasos, constituidos por prolongaciones digitiformes de tejido adiposo blanco, formado por adipocitos de diferentes tamaños, aislados o agrupados. El tejido conectivo que rodea a los ovarios está constituido por fibras colágenas y células como fibroblastos y macrófagos; se observa gran vascularización tanto en los ovarios como en los cuerpos grasos (Figs. 1a, b, c, d, e).

Cada ovario está rodeado por un epitelio simple plano y por debajo de éste una delgada capa de tejido conectivo, el cual se

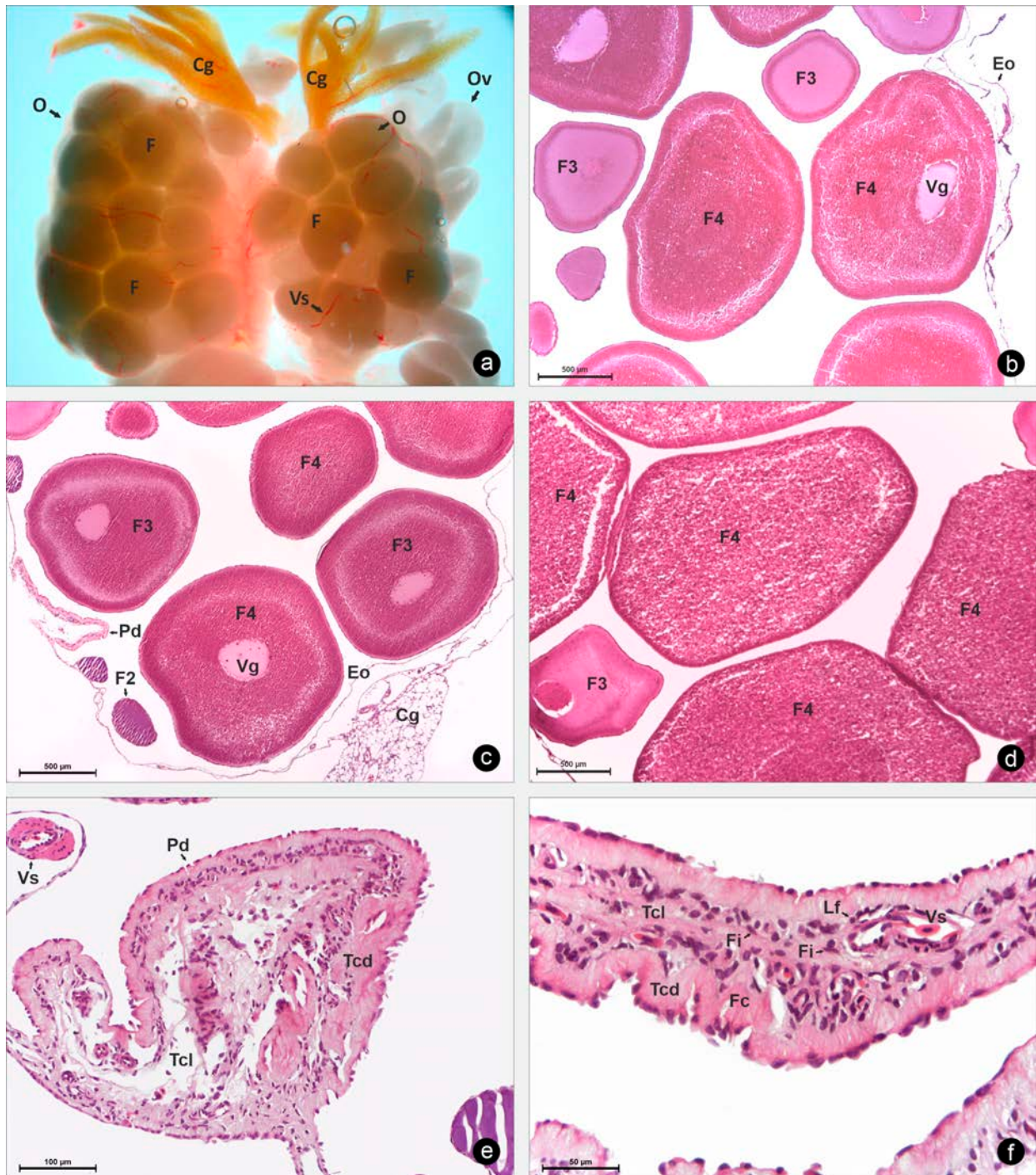


Figure 1. Anatomy and histomorphology of the ovary and digitiform projections of *Oreobates discoidalis*. (a) Macroscopy of ovaries and fatty bodies. (b, c) Histomorphology with different types of ovarian follicles, stroma and fatty body; (H-E). (d) Vitellogenic ovarian follicles (H-E). (e, f) Digitiform projections (H-E). Abbreviations: Fat Body (Cg); Ovaric Strom (Eo); Collagen fibers (Fc); Fibroblast (Fi); Ovarian follicle (F); Previtellogenic ovarian follicle Type 2 (F2); Previtellogenic ovarian follicle Type 3 (F3); Previtellogenic ovarian follicle Type 4 (F4); Lymphocyte (Lf); Ovary (O); Oviduct (Ov); Digitiform projections (Pd); Dense Connective Tissue (Tcd); Lax Connective Tissue (Tcl); Germinal Vesicle (Vg), Blood vessel (Vs). Hematoxylin-Eosin (H-E).

Figura 1. Anatomía e histomorfología del ovario y proyecciones digitiformes de *Oreobates discoidalis*. (a) Macroscopía de ovarios y cuerpos grasos. (b, c) Histomorfología de diferentes tipos de folículos ováricos, estroma y cuerpo graso (H-E). (d) Folículos ováricos vitelogénicos (H-E). (e, f) Proyecciones digitiformes (H-E). Abreviaturas: Cuerpo Graso (Cg); Estroma Ovárico (Eo); Fibras de Colágeno (Fc); Fibroblasto (Fi); Folículo ovárico (F); Folículo ovárico previtelogénico Tipo 2 (F2); Folículo ovárico vitelogénico Tipo 3 (F3); Folículo ovárico vitelogénico Tipo 4 (F4); Linfocito (Lf); Ovario (O); Oviducto (Ov); Proyecciones Digitiformes (Pd); Tejido Conectivo Denso (Tcd); Tejido Conectivo Laxo (Tcl); Vaso Sanguíneo (Vs); Vesícula Germinal (Vg). Hematoxilina-Eosina (H-E).

introduce entre los folículos, como proyecciones digitiformes. En algunas regiones del ovario estas proyecciones se caracterizan por presentar dos zonas de tejido conectivo: una periférica de tejido conectivo denso formado por abundantes fibras de colágeno dispuestas en diferentes direcciones y una central formada por tejido conectivo laxo con abundantes fibroblastos, macrófagos, linfocitos y vasos sanguíneos como arteriolas, vénulas y capilares (Figs. 1c, e, f).

Los ovarios presentan variaciones en el tamaño, relacionadas con el desarrollo de la ovogénesis. En los ejemplares con ovarios más pequeños se pueden diferenciar claramente folículos ováricos previtelogénicos tipo 1 y 2 (Fig. 2), mientras que los ejemplares con ovarios de mayor tamaño se distinguen folículos en diferentes momentos de la foliculogénesis, observándose folículos ováricos previtelogénicos tipo 1, 2 y vitelogénicos tipo 3, 4 (Figs. 1, 3, 4).

Oogénesis

Folículos ováricos previtelogénicos

Folículos ováricos tipo 1: se observa aproximadamente 8 folículos previtelogénicos de diferentes tamaños (Figs. 2a, b). Los folículos ováricos tipo 1 presentan externamente una teca delgada de tejido conectivo y un epitelio formado por células foliculares planas. El oocito presenta un citoplasma homogéneo y fuertemente basófilo, esto último sugiere un importante desarrollo del retículo endoplasmático rugoso y ribosomas libres, necesarios para la síntesis proteica durante el período de vitelogénesis.

La vesícula germinal es esférica y se ubica en posición central, la cromatina se presenta como hebras muy finas de aspecto puntiforme basófilas y distribuidas al azar en el nucleoplasma, dando la típica imagen de cromosomas plumulados. Estos oocitos presentan un número reducido de nucléolos de diferentes tamaños, distribuidos en la región periférica, próximos a la envoltura nuclear (Figs. 2c-f).

Folículos ováricos tipo 2: Estos folículos, están constituidos por un epitelio folicular simple plano, rodeado externamente por una teca de tejido conectivo. El oocito presenta un citoplasma granular basófilo, observándose en algunos sectores del ooplasma pequeñas vacuolas libres o aglutinadas (Figs. 2b, f). La vesícula germinal en posición central presenta una envoltura nuclear lisa con ligeros plegamientos, en algunas zonas, y un nucleoplasma acidófilo con nucléolos de diferentes tamaños ubicados en la región periférica de la misma (Figs. 2b, f).

Folículos ováricos vitelogénicos

Folículos ováricos tipo 3: En estos folículos se observa un aumento gradual y progresivo de las plaquetas vitelinas en el ooplasma cortical del oocito. Esto determina que se diferencien tres regiones citoplasmáticas con diferente concentración, tamaño y disposición de las plaquetas vitelinas: cortical, media e interna. La región periférica o cortical está cubierta por abundantes plaquetas vitelinas, muy pequeñas y próximas entre sí, otorgándole a esta región una marcada acidofilia. La región media presenta plaquetas más grandes, redondeadas, distribuidas en hileras separadas entre sí, lo que implica menor acidofilia en esta región. Por último, la región interna que rodea a la vesícula germinal, de mayor espesor y acidofilia intensa, presenta plaquetas vitelinas grandes y pequeñas dispuestas al azar y menos abundantes que en la región periférica (Figs. 3a-d).

En estos oocitos la vesícula germinal presenta una membrana nuclear ligeramente plegada, lo que indicaría el inicio del proceso de desensamblaje; el nucleoplasma es acidófilo y los nucléolos, en menor número, se distribuyen en la región periférica próximos a la envoltura nuclear (Figs. 3a, b). Externamente al epitelio folicular se observan las tecas constituidas por dos capas muy capilarizadas (Fig. 3c). Entre el oolema y el epitelio folicular se observa una delgada matriz extracelular homogénea intensamente acidófila que corresponde a la envoltura vitelina. Asimismo, entre la membrana plasmática del oocito y el citoplasma cortical se observa una estrecha zona granular acidófila que corresponde a la zona de gránulos corticales o córtex (Figs. 3c, f).

Folículos ováricos tipo 4: Los oocitos presentan un ooplasma completamente cubierto de grandes plaquetas vitelinas, de forma esféricas u ovaladas, distribuidas de manera homogénea en la región media y central del citoplasma; mientras que en la región periférica o córtex las plaquetas son pequeñas, abundantes y muy próximas entre sí (Figs. 4a, b, d). En estos oocitos la vesícula germinal migra al polo animal, y se caracteriza porque la envoltura nuclear está plegada, fragmentada en algunos puntos, presenta finas granulaciones basófilas; numerosos nucléolos localizados principalmente en su región central (Figs. 4c, f).

En los folículos ováricos tipo 4 el epitelio folicular varía según el tamaño de los mismos de simple plano a cubico, pudiendo variar el espesor de las células foliculares en algunas regiones del folículo. Las tecas tienen un espesor variable según el tamaño del folículo, en los más pequeños están constituidas por dos capas de fibras de colágeno y fibroblastos, mientras que en los de mayor tamaño por una capa muy delgada de estos elementos (Figs. 4a, d, e).

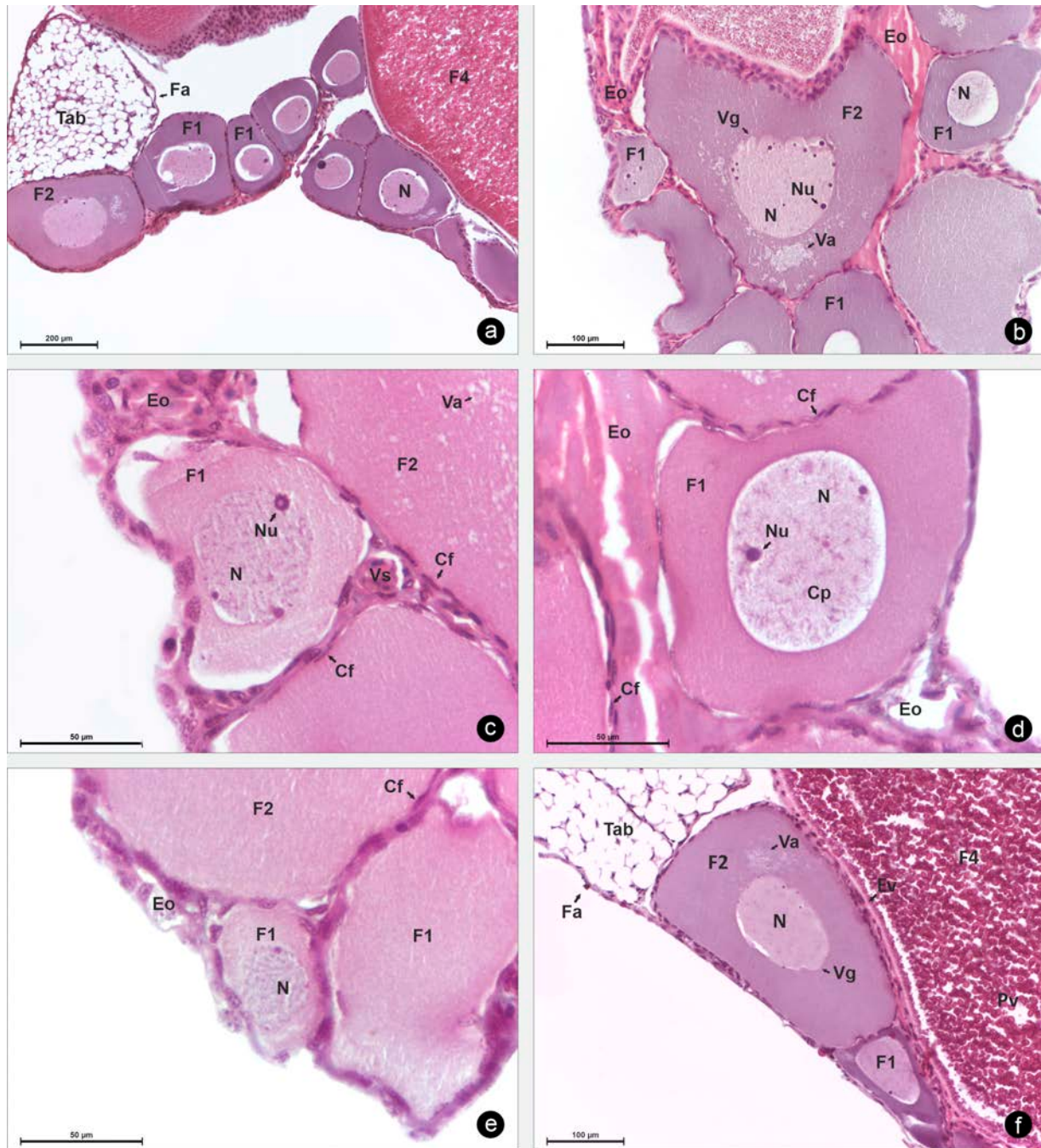


Figure 2. Histological section of ovaries with previtellogenic ovarian follicles of *Oreobates discoidalis*. (a) Types of ovarian follicles (H-E). (b) Previtellogenic ovarian follicle (H-E). (c) Ovarian strom (H-E). (d) Follicle ovarian previtellogenic Type 1 and ovarian strom (H-E). (e) Previtellogenic ovarian follicle (H-E). (f) Previtellogenic ovarian follicles, vitellogenic ovarian follicle and atretic follicle (White adipose tissue) (H-E). Abbreviations: Follicular cell (Cf); Plumulated chromosome (Cp); Vitelline envelope (Ev); Ovaric Strom (Eo); Follicle Atretic (Fa); Previtellogenic ovarian follicle Type 1 (F1); Previtellogenic ovarian follicle Type 2 (F2); Previtellogenic ovarian follicle Type 4 (F4); White adipose tissue (Tab); Nucleus (N); Nucleolus (Nu); Vitelline Plaquettes (Pv); Vacuole (Va); Germinal Vesicle (Vg), Blood Vessel (Vs). Hematoxylin-Eosin (H-E).

Figura 2. Corte histológico de ovarios con folículos ováricos previtelogénicos de *Oreobates discoidalis*. (a) Tipos de folículos ováricos (H-E). (b) Folículos ováricos previtelogénicos (H-E). (c) Estroma ovárico (H-E). (d) Folículo ovárico previtelogénico Tipo 1 y estroma ovárico (H-E). (e) Folículo ovárico previtelogénico (H-E). (f) Folículos ovárico previtelogénicos, folículo ovárico vitelogénico y folículo atrésico (tejido adiposo blanco) (H-E). Abreviaturas: Célula Folicular (Cf); Cromosoma Plumulado (Cp); Envoltura vitelina (Ev); Estroma Ovárico (Eo); Folículo Atrésico (Fa); Folículo ovárico previtelogénico Tipo 1 (F1); Folículo ovárico previtelogénico Tipo 2 (F2); Folículo ovárico vitelogénico Tipo 4 (F4); Tejido adiposo blanco (Tab); Núcleo (N); Nucleolo (Nu); Plaquetas Vitelinas (Pv); Vacuola (Va); Vesícula Germinal (Vg); Vaso Sanguíneo (Vs). Hematoxilina-Eosina (H-E).

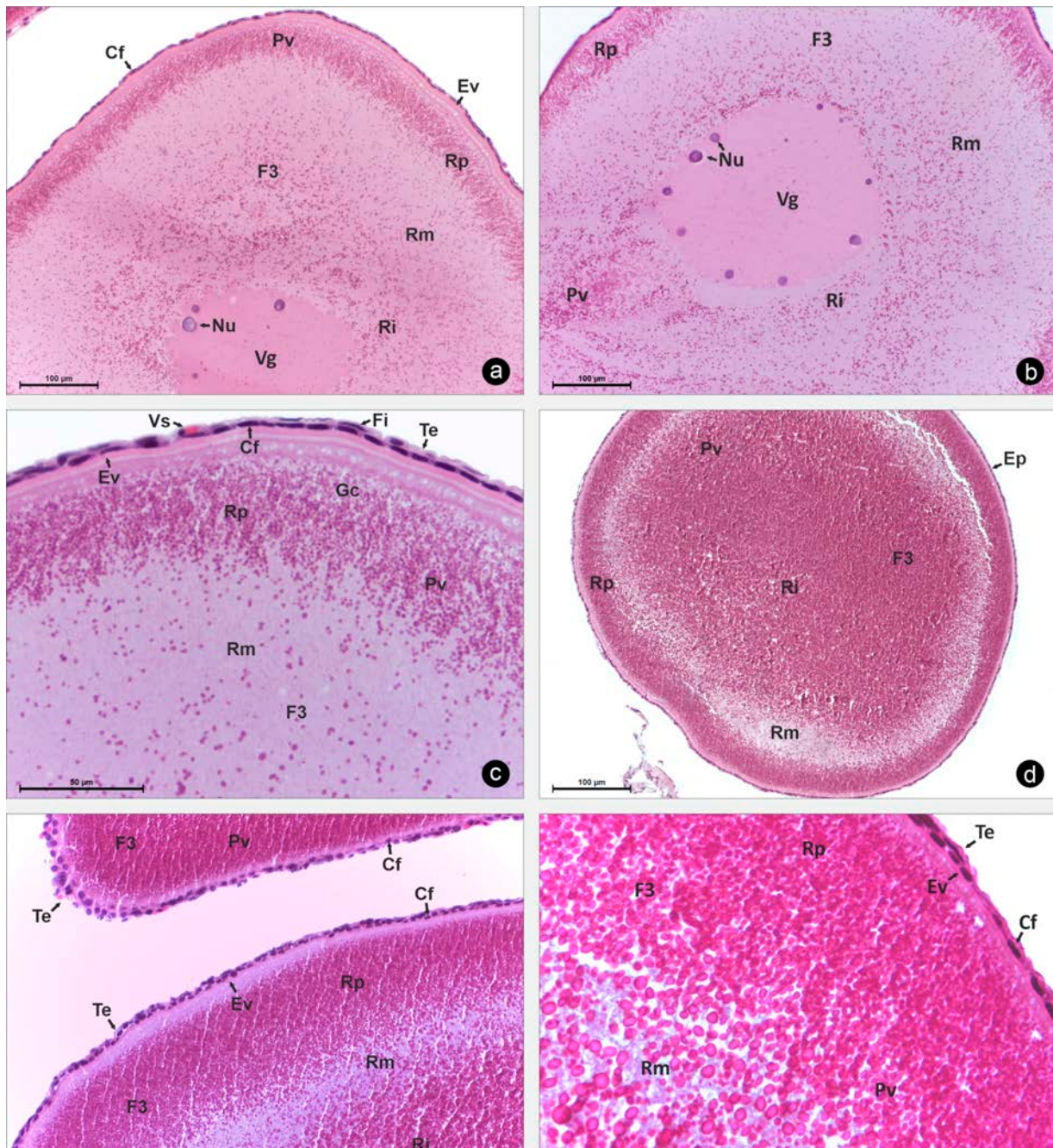


Figure 3. Histological section of ovaries with vitellogenic ovarian follicles of *Oreobates discoidalis*. (a) Histomorphology of vitellogenic ovarian follicle Type 3 (H-E). (b) Germinal vesicle and cytoplasmic regions of vitellogenic ovarian follicle Type 3 (H-E). (c) Structural components of the cortical region and teca of vitellogenic ovarian follicle Type 3 (H-E). (d) Distribution of vitellin plaquettes in the cytoplasmic regions of the vitellogenic ovarian follicle Type 3 (H-E). (e) Middle and peripheral region of the vitellogenic ovarian follicle Type 3 (H-E). (f) Variation in size and concentration of vitellin plaquettes (H-E). Abbreviations: Follicular Cell (Cf); Epithelium (Ep); Vitelline envelope (Ev); Fibroblast (Fi); Vitellogenic ovarian follicle Type 3 (F3); Nucleolus (Nu); Vitellin Plaquettes (Pv); Internal Region (Ri); Middle Region (Rm); Peripheral Region (Rp); Blood Vessel (Vs); Germinal Vesicle (Vg); Teca (Te). Hematoxylin-Eosin (H-E).

Figura 3. Corte histológico de ovarios con folículos ováricos vitelogénicos de *Oreobates discoidalis*. (a) Histomorfología de un folículo ovárico vitelogénico Tipo 3 (H-E). (b) Vesícula germinal y regiones citoplasmáticas del folículo ovárico vitelogénico Tipo 3 (H-E). (c) Componentes estructurales de la región cortical y teca del folículo ovárico vitelogénico Tipo 3 (H-E). (d) Distribución de plaquetas vitelinas en las regiones citoplasmáticas del folículo ovárico vitelogénico Tipo 3 (H-E). (e) Región media y periférica del folículo ovárico vitelogénico Tipo 3 (H-E). (f) Variación en tamaño y concentración de plaquetas vitelinas (H-E). Abreviaturas: Célula Follicular (Cf); Envoltura vitelina (Ev); Epitelio (Ep); Fibroblasto (Fi); Folículo ovárico vitelogénico Tipo 3 (F3); Gránulos Corticales (Gc); Nucléolo (Nu); Plaquetas Vitelinas (Pv); Región Interna (Ri); Región Media (Rm); Región Periférica (Rp); Vaso Sanguíneo (Vs); Vesícula Germinal (Vg); Teca (Te). Hematoxilina-Eosina (H-E).

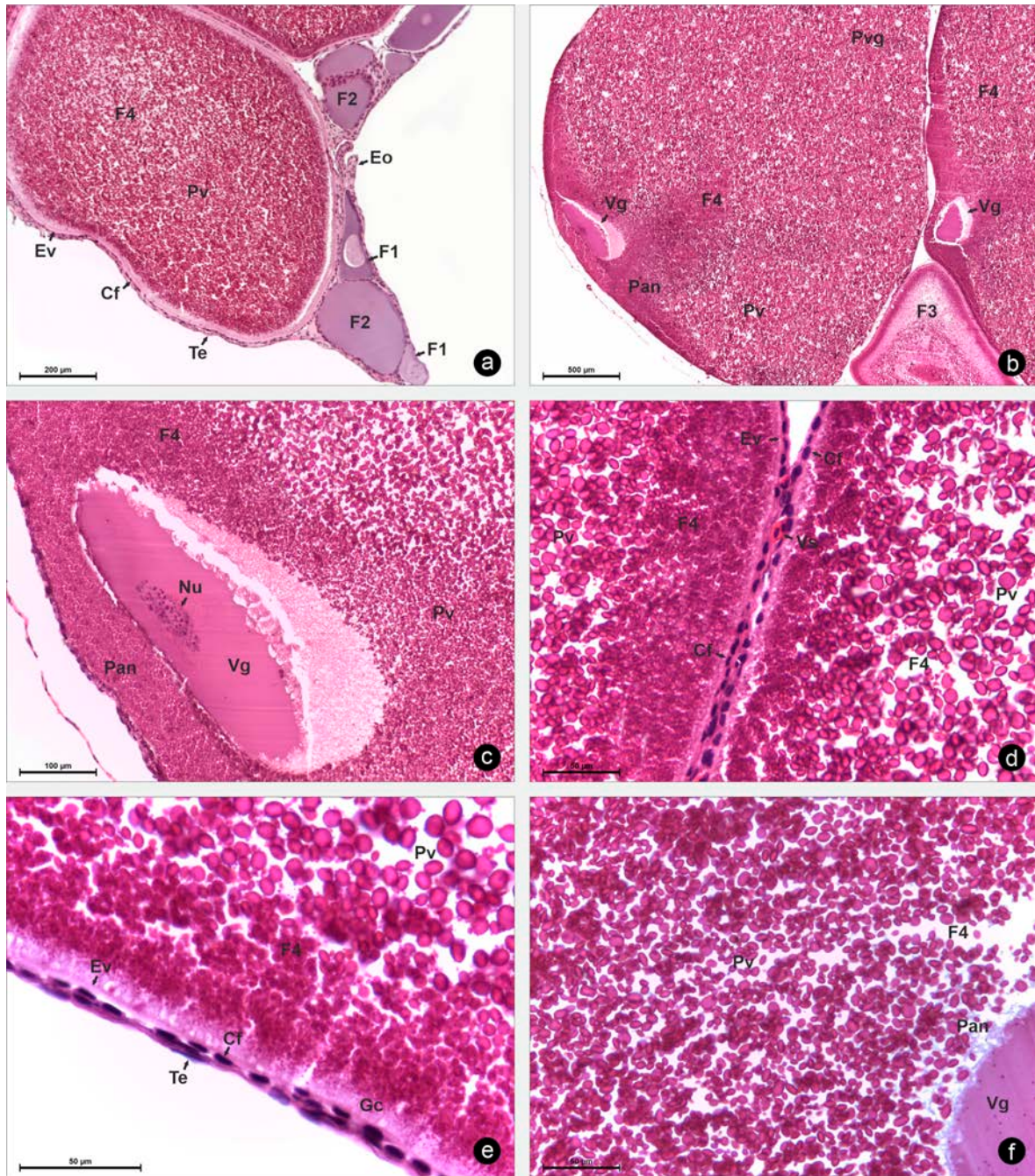


Figure 4. Vitellogenic ovarian follicles of *Oreobates discoidalis*. (a) Histomorphology of the ovary with different types of ovarian follicles (H-E). (b) Detail of vitellogenic ovarian follicles; (H-E). (c) Animal Pole in vitellogenic ovarian follicle Type 4 (H-E). (d, e) Structural components of the cortical region of vitellogenic ovarian follicle Type 4 (H-E). (f) Vitellin plaquettes and germinal vesicle of vitellogenic ovarian follicle Type 4 (H-E). Abbreviations: Follicular Cell (Cf); Ovaric Stroma (Eo); Vitelline envelope (Ev); Previtellogenic ovarian follicle Type 1 (F1); Previtellogenic ovarian follicle Type 2 (F2); Vitellogenic ovarian follicle Type 3 (F3); Vitellogenic ovarian follicle Type 4 (F4); Cortical Granules (Gc); nucleolus (Nu); Vitellin Plaquettes (Pv); Animal Pole (Pan); Vegetative Pole (Pvg), Teca (Te); Germinal Vesicle (Vg); Blood vessel (Vs). Hematoxylin-Eosin (H-E).

Figura 4. Folículos ováricos vitelogénicos de *Oreobates discoidalis*. (a) Histomorfología del ovario con diferentes tipos de folículos ováricos; (H-E). (b) Detalle de folículos ováricos vitelogénicos; (H-E). (c) Polo animal en folículo ovárico vitelogénico Tipo 4; (H-E). (d, e) Componentes estructurales de la región cortical del folículo ovárico vitelogénico Tipo 4 (H-E). (f) Plaquetas vitelinas y vesícula germinal del folículo ovárico vitelogénico Tipo 4; (H-E). Abreviaturas: Célula Folicular (Cf); Envoltura Vitelina (Ev); Estroma Ovárico (Eo); Folículo ovárico previtelogénico Tipo 1 (F1); Folículo ovárico previtelogénico Tipo 2 (F2); Folículo ovárico vitelogénico Tipo 3 (F3); Folículo ovárico vitelogénico Tipo 4 (F4); Gránulos Corticales (Gc); Nucleolo (Nu); Plaquetas Vitelinas (Pv); Polo Animal (Pan); Polo Vegetativo (Pvg), Teca (Te); Vaso Sanguíneo (Vs); Vesícula Germinal (Vg). Hematoxilina-Eosina (H-E).

OVIDUCTO

En los especímenes analizados, el desarrollo del oviducto está relacionado con el desarrollo del ovario, se observan ovarios con oocitos maduros preparados para la ovulación, y oviductos preparados para el tránsito de los oocitos y la formación de las cubiertas oocitarias.

El oviducto está formado en toda su extensión por tres túnicas, que se distinguen concéntricamente desde la luz hacia afuera: mucosa, muscular y serosa. La túnica mucosa está constituida por un epitelio con su membrana basal y glándulas tubulares, inmersas en el tejido conectivo, que varían en su desarrollo dependiendo de la zona del oviducto. La túnica muscular varía de grosor y está formada por fibras musculares lisas. Por último, la túnica serosa reviste la parte más externa del oviducto, y está constituida por un epitelio simple y tejido conectivo. Ésta está fijada a la pared por inserciones de tejido conectivo que presentan vasos sanguíneos y nervios.

Con respecto a las zonas del oviducto, la Parte Recta (PR) se diferencia de la Zona Intermedia Proximal (ZIP), porque en esta última comienza el desarrollo del estrato glandular. La Zona Preconvoluta (PPC) y Convoluta (PC) presentan un gran desarrollo de las glándulas, no presentan diferencias relevantes en todo su trayecto y se diferencian porque el sector de la PC presenta asas largas, anchas y de disposición perpendicular al eje del cuerpo. La Zona Convoluta es de corta extensión y finaliza en la última zona del oviducto que corresponde al ovisaco (Os) (Figs. 5a-d).

Túnica Mucosa

En la PR la mucosa se proyecta hacia la luz del ducto en forma de pliegues. El epitelio de revestimiento presenta abundantes células ciliadas, donde se intercalan algunas células caliciformes (Figs. 6a-f). En la ZIP, PPC y la PC el revestimiento epitelial se proyecta como pliegues; en el estrato glandular se observan glándulas túbulo acinosas simples que varían en su desarrollo de acuerdo a las diferentes zonas del oviducto. Las glándulas de la ZIP son cortas mientras que en la PPC y la PC están muy desarrolladas, llegando a ocupar dos tercios del espesor de la mucosa (Figs. 7-12).

En el epitelio de las glándulas, a lo largo del oviducto, se reconocen de cuatro a seis células secretoras, según el grado de actividad que presenten. Éstas se caracterizan por ser cilíndricas, con un núcleo heterocromático desplazado hacia el citoplasma basal de la célula debido a la gran cantidad de secreción acumulada en la región media de la misma. Las glándulas están separadas

por delgados tabiques interglandulares de tejido conectivo formado por fibras de colágena, fibroblastos y abundantes vasos sanguíneos de pequeño calibre que se anastomosan formando dos plexos: el superficial, el submucoso e interglandular (Figs. 8e, f). Los glicoconjugados presentes en los diferentes tipos glandulares a lo largo de oviducto se sintetizaron en la Tabla 2.

Parte recta (PR)

Esta región presenta una delgada mucosa constituida por un epitelio pseudoestratificado formado por: células cilíndricas ciliadas, células caliciformes y células basales cúbicas con núcleo eucromático. En el sector próximo a la ZIP, la mucosa presenta glándulas tubulares cortas con contenidos de tipo 3a, 3b y 4c. Esto indicaría células secretoras con gran cantidad de glicoconjugados con residuos sulfatados determinados por la abundancia de biomoléculas con carga negativa y una intensa metacromasia de tipo gama. A lo largo de la mucosa se observan algunas glándulas de tipo 2b, indicando la presencia de glicoproteínas. Las secreciones producidas por los diferentes tipos glandulares son las que forman la primera cubierta oocitaria (Tabla 2).

Externamente a la mucosa se observa una delgada capa muscular formada por dos o tres capas de fibras musculares. Por fuera se observa una gruesa túnica serosa, constituida por un mesotelio formado por un epitelio simple plano acompañado por un tejido conectivo laxo delgado, formada por fibras de colágeno acidófilas de disposición irregular, fibroblastos, macrófagos, células musculares aisladas y vasos sanguíneos (Figs. 6a-f).

Zona Intermedia Proximal (ZIP)

En esta zona de transición la mucosa presenta pliegues más cortos, en relación a los de la PR, y está formada por un epitelio de revestimiento simple constituido por células ciliadas, células secretoras, con contenidos de glicoconjugados ácidos, y células basales. Asimismo, en la ZIP se observa un gran desarrollo de las glándulas tubulares acinares cortas, separadas por delgados tabiques de tejido conectivo. Las células secretoras de las glándulas, que se encuentran cerca de la Parte Recta, presentan glándulas de tipo 1b y 3b con contenidos que reaccionaron positivamente con AB a pH 2,5, lo que indica la presencia de glicoconjugados de tipo mucoproteínas y proteoglicanos que tienen GAG con residuos ácidos carboxilados y o fosfatados. Con AB pH 0,5 y TB a pH 3,4 se observan glándulas de tipo 3a indicando la presencia de proteínas básicas ligantes de grupos iónicos y glándula de tipo 4γ con glicoconjugados con residuos ácidos de tipos sulfatados metacromáticos, que indican los niveles de concentración de estos grupos ácidos. Además,

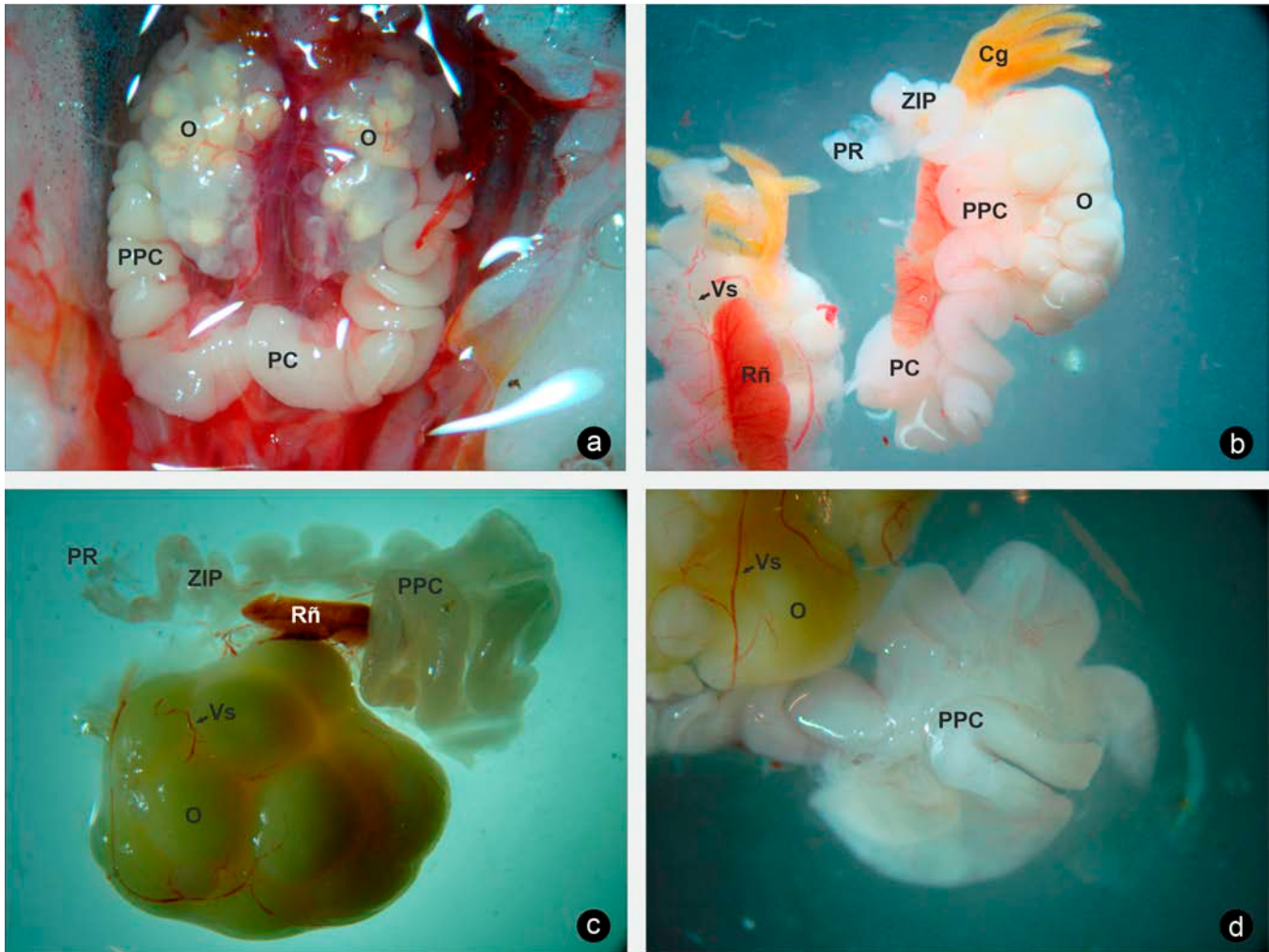
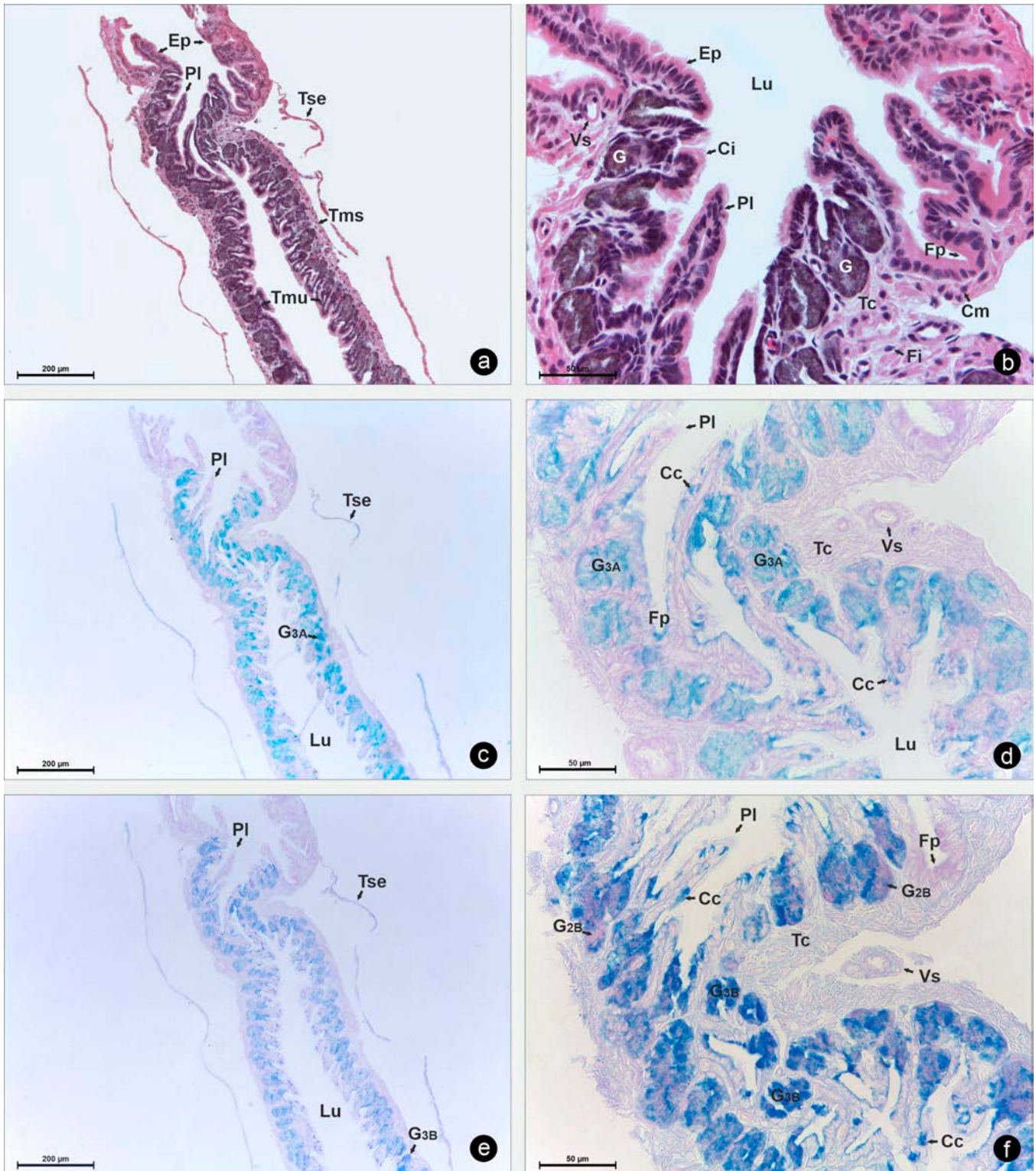


Figure 5. Oviduct macroscopy of *Oreobates discoidalis*. (a) Ventral view of ovaries and oviducts. (b, c, d) Reproductive organs of the female in relation to kidney and fatty body. The different zones of the oviduct are highlighted. Abbreviations: Fat Body (Cg); Ovary (O); Convoluted Part (PC); Preconvoluted Part (PPC); Straight Part (PR); Kidney (Rñ); Blood Vessel (Vs); Proximal Intermediate Zone (ZIP).

Figura 5. Macroscopía del oviducto de *Oreobates discoidalis*. (a) Vista ventral de ovarios y oviductos. (b, c, d) Órganos reproductivos de la hembra en relación con riñón y cuerpo graso. Se destacan las diferentes zonas del oviducto. Abreviaturas: Cuerpo Graso (Cg); Ovario (O); Parte Convoluta (PC); Parte Preconvoluta (PPC); Parte Recta (PR); Riñón (Rñ); Vaso Sanguíneo (Vs); Zona Intermedia Proximal (ZIP).

Figure 6 (Next page). Sagittal section of the straight part of the oviduct (PR) of *Oreobates discoidalis*. (a) Histomorphology of the tunics of the straight part (H-E). (b) Folds of the glandular epithelium of the straight part (H-E). (c,d) Histochemistry of the straight part and detail of the content of the Type G3A glands (AB pH 0,5-PAS). (e,f) Histochemistry of the straight part and detail of the content of the Type G3B glands (AB pH 2,5-PAS). Abbreviations: Caliciform Cell (Cc); Muscle Cell (Cm); Cilia (Ci); Epithelium (Ep); Fibroblast (Fi); Fold background (Fp); Gland (G); Gland PAS ++ (G2B); Gland AB pH 0,5 (G3A); Gland AB pH 2,5 (G3B); Lumen (Lu); Fold (Pi); Mucous Tunic (Tmu); Muscle Tunic (Tms); Serous Tunic (Tse); Blood Vessel (Vs); Connective Tissue (Tc). Hematoxylin-Eosin (H-E); Alcian Blue pH 0,5- Periodic Acid-Schiff's reactive (AB pH 0,5-PAS); Alcian Blue pH 2,5- Periodic Acid-Schiff's reactive (AB pH 2,5-PAS).

Figura 6 (Página siguiente). Corte sagital de la parte recta del oviducto (PR) de *Oreobates discoidalis*. (a) Histomorfología de las tunicas de la PR (H-E). (b) Pliegues del epitelio glandular de la PR (H-E). (c, d) Histoquímica de la PR y detalle del contenido de las glándulas Tipo G3A (AB pH 0,5-PAS). (e, f) Histoquímica de la PR y detalle del contenido de las glándulas Tipo G3B (AB pH 2,5-PAS). Abreviaturas: Célula Caliciforme (Cc); Célula Muscular (Cm); Cilios (Ci); Epitelio (Ep); Fibroblasto (Fi); Fondo de Pliegue (Fp); Glándula (G); Glándula PAS ++ (G2B); Glándula AB pH 0,5 (G3A); Glándula AB pH 2,5 (G3B); Lumen (Lu); Pliegue (Pi); Túnica Mucosa (Tmu); Túnica Muscular (Tms); Túnica Serosa (Tse); Vaso Sanguíneo (Vs); Tejido Conectivo (Tc). Hematoxilina-Eosina (H-E); Azul Alcian pH 0,5-Acido Periódico-reactivo de Schiff (AB pH 0,5-PAS); Azul Alcian pH 2,5-Acido Periódico-reactivo de Schiff (AB pH 2,5-PAS).



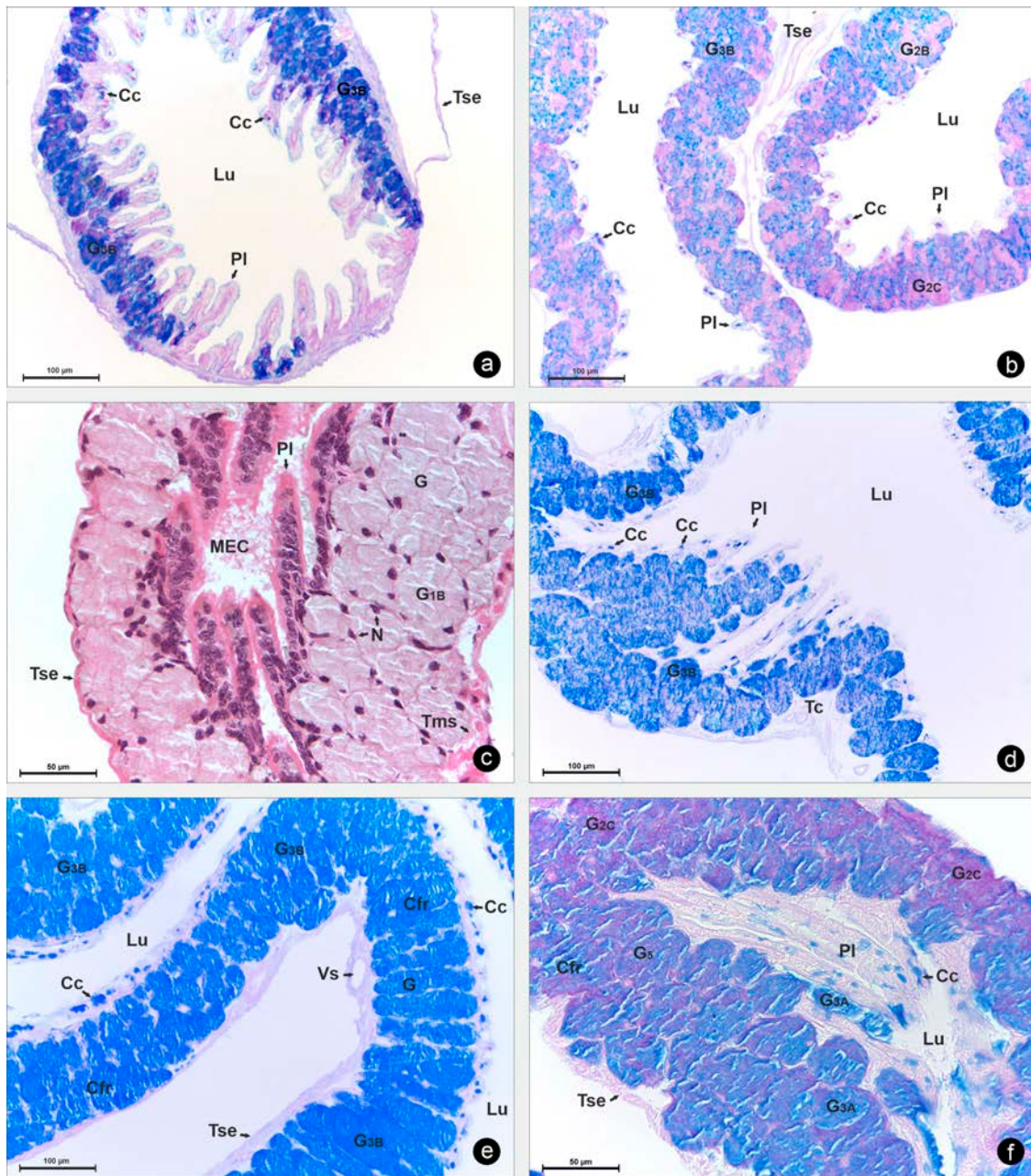


Figure 7. Sagittal section of the proximal intermediate zone (ZIP) of *Oreobates discoidalis*. (a) Histochemical reaction of the anterior part of the ZIP (AB pH 2,5-PAS). (b) Histochemical reaction of the anterior part of the middle zone of the ZIP; (AB pH 2,5-PAS). (c) Histomorphology of the distal zone of the ZIP (H-E). (d) Histochemical reaction of the glands contents of G3B glands of the mucosa of the ZIP (AB pH 2,5-PAS). (e) Histochemical reaction of the glands contents of G3B glands of the mucosa of the ZIP (AB pH 2,5-PAS). (f) Histochemical reaction of the glands contents of G3A glands of the mucosa of the ZIP (AB pH 0,5-PAS). Abbreviations: Caliciform Cell (Cc); Fibrillar Content (Cfr); Gland (G); Gland AB pH 0,5 (G3A); Gland AB pH 2,5 (G3B); Gland Eosin (G1B); Gland Mixed (G5); Gland PAS ++ (G2B); Gland PAS +++ (G2C); Lumen (Lu); Fold (PI); Muscle Tunic (Tms); Serous Tunic (Tse); Extracellular Matrix (MEC); Nucleus (N); Connective Tissue (Tc); Blood Vessel (Vs). Hematoxylin-Eosin (H-E); Alcian Blue pH 0,5- Periodic Acid-Schiff's reactive (AB pH 0,5-PAS); Alcian Blue pH 2,5- Periodic Acid-Schiff's reactive (AB pH 2,5-PAS).

Figura 7. Corte sagital de la zona intermedia proximal (ZIP) de *Oreobates discoidalis*. (a) Reacción histoquímica de la parte anterior de la ZIP (AB pH 2,5-PAS). (b) Reacción histoquímica de la zona media de la ZIP (AB pH 2,5-PAS). (c) Histomorfología de la zona distal de la ZIP (H-E). (d) Reacción histoquímica de las glándulas G3B de la mucosa de la ZIP (AB pH 2,5-PAS). (e) Reacción histoquímica de los contenidos de las glándulas G3B de la ZIP (AB pH 2,5-PAS). (f) Reacción histoquímica de los contenidos de las glándulas G3A de la ZIP (AB pH 0,5-PAS). Abreviaturas: Célula Caliciforme (Cc); Contenido Fibrilar (Cfr); Glándula (G); Glándula AB pH 0,5 (G3A); Glándula AB pH 2,5 (G3B); Glándula Eosina (G1B); Glándula Mixta (G5); Glándula PAS ++ (G2B); Glándula PAS +++ (G2C); Lumen (Lu); Pliegue (PI); Túnica Muscular (Tms); Matriz Extracelular (MEC); Núcleo (N); Tejido Conectivo (Tc); Túnica Serosa (Tse); Vaso Sanguíneo (Vs). Hematxilina-Eosina (H-E); Azul Alcian pH 0,5-Acido Periódico-reactivo de Schiff (AB pH 0,5-PAS); Azul Alcian pH 2,5-Acido Periódico-reactivo de Schiff (AB pH 2,5-PAS).

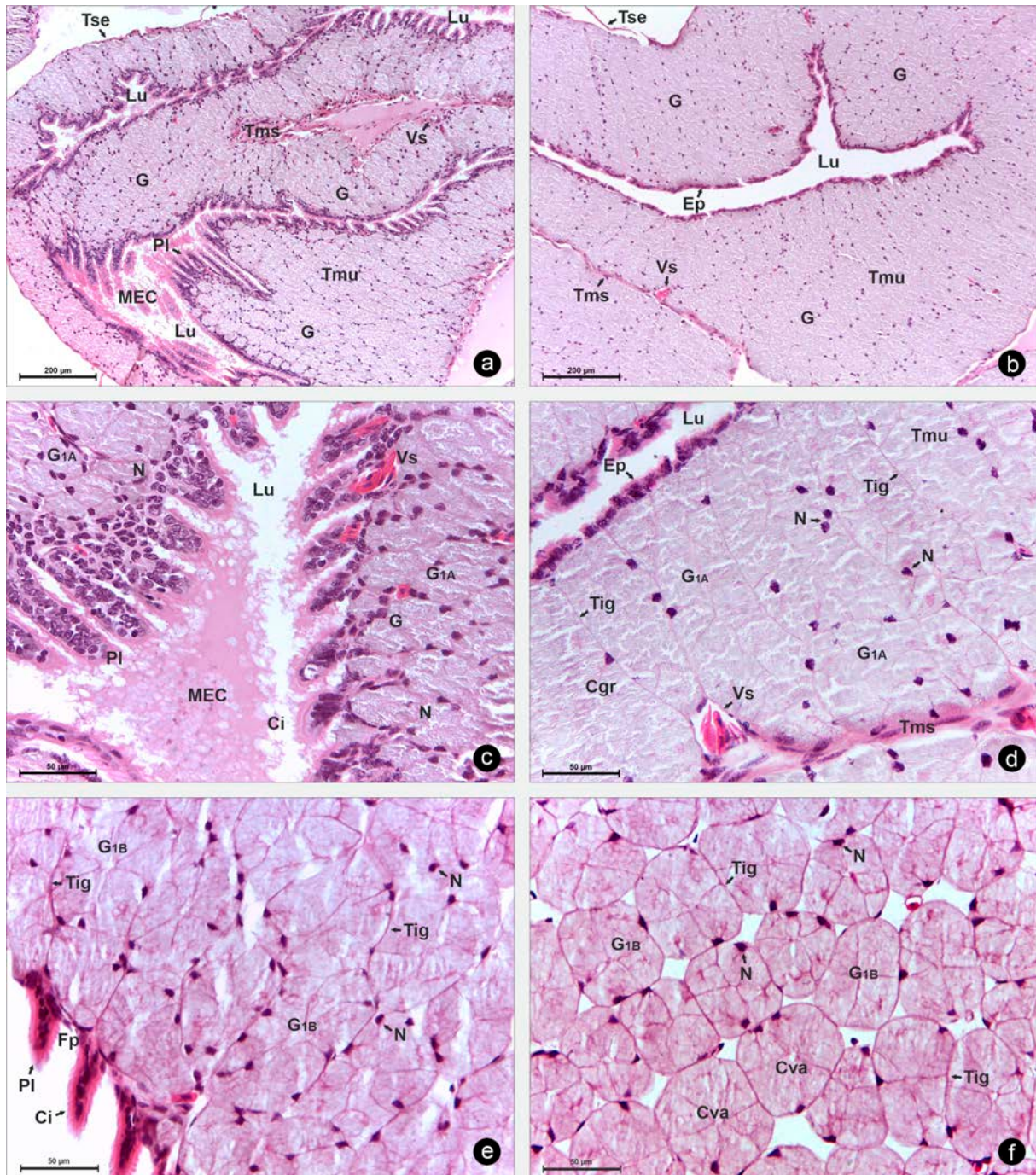


Figure 8. Sagittal section of the preconvoluted part (PPC) of *Oreobates discoidalis*. (a) Histomorphology of the PPC (H-E). (b) Structural components of the PPC (H-E). (c) Detail of the folds of the mucosa and extracellular matrix (H-E). (d) Parenchyma and organization of glandular contents (H-E). (e) Detail of the lining epithelium and Mucosa (H-E). (f) Detail of glandular acini and organization of their contents (H-E). Abbreviations: Cilia (Ci); Granular Content (Cgr); Vacuolar Content (Cva); Epithelium (Ep); Fold background (Fp); Gland (G); Gland Eosin (G1B); Gland Hematoxylin (G1A); Lumen (Extracellular Matrix (MEC); Nucleus (N); Fold (PI); Mucous Tunic (Tmu); Muscle Tunic (Tms); Serous Tunic (Tse); Interglandular Septum (Tig); Blood Vessel (Vs). Hematoxylin-Eosin (H-E).

Figura 8. Corte sagital de la parte preconvoluta (PPC) de *Oreobates discoidalis*. (a) Histomorfología de la PPC (H-E). (b) Componentes estructurales de la PPC (H-E). (c) Detalle de los pliegues de la mucosa y matriz extracelular (H-E). (d) Parénquima y organización de los contenidos glandulares (H-E). (e) Detalle del epitelio de revestimiento y la mucosa (H-E). (f) Detalle de acinos glandulares y organización de sus contenidos (H-E). Abreviaturas: Cilios (Ci); Contenido Granular (Cgr); Contenido Vacuolar (Cva); Epitelio (Ep); Fondo de Pliegue (Fp); Glándula (G); Glándula Eosina (G1B); Glándula Hematoxilina (G1A); Lumen (Lu); Matriz Extracelular (MEC); Núcleo (N); Pliegue (PI); Túnica Mucosa (Tmu); Túnica Muscular (Tms); Túnica Serosa (Tse); Tabique Interglandular (Tig); Vaso Sanguíneo (Vs). Hematoxilina-Eosina (H-E).

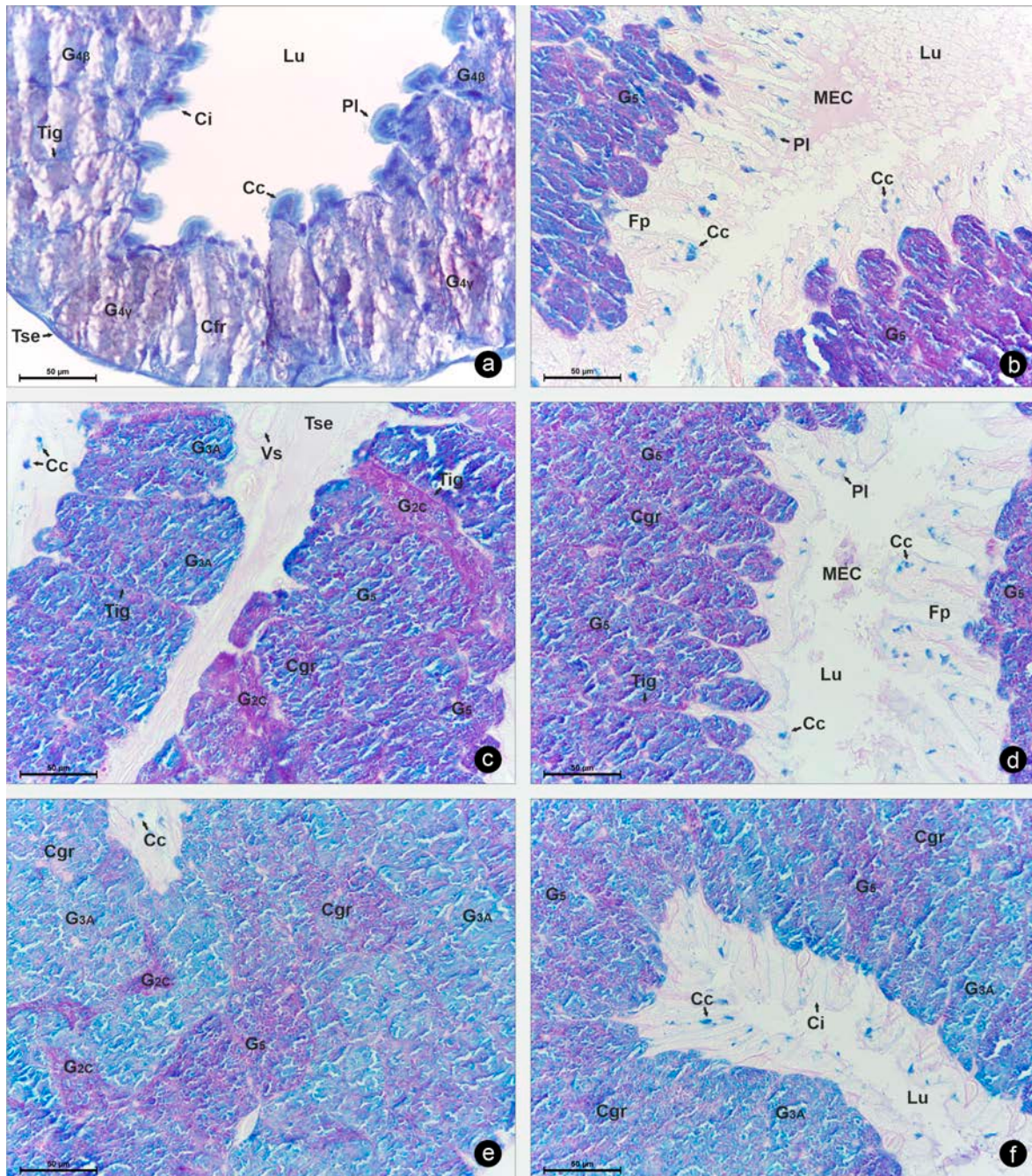


Figure 9. Histochemistry of the preconvoluted part (PPC) of *Oreobates discoidalis*. (a) Structural components of the wall and metachromasia of the glandular acini (TB pH 3,6). (b) Histochemistry of the mucosa and extracellular matrix (AB pH 0,5-PAS). (c) Histochemistry of the glandular layer (AB pH 0,5-PAS). (d) Histochemistry of the apical area of the mucosa and the extracellular matrix (AB pH 0,5-PAS). (e,f) Mucosa histochemistry and organization of gland contents (AB pH 0,5-PAS). Abbreviations: Caliciform Cell (Cc); Cilio (Ci); Fibrillar Content (Cfr); Granular Content (Cgr); Fold Background (Fp); Gland AB pH 0,5 (G3A); Gland Mixed (G5); Gland PAS +++ (G2C); Gland TB Beta (G4β); Gland TB Gama (G4γ); Lumen (Lu); Extracellular Matrix (MEC); Fold (PI); Interglandular Septum (Tig); Serous Tunic (Tse); Blood Vessel (Vs). Toluidin Blue pH 3,6 (TB pH 3,6); Alcian Blue pH 0,5- Periodic Acid-Schiff's reactive (AB pH 0,5-PAS).

Figura 9. Histoquímica de la parte preconvoluta (PPC) de *Oreobates discoidalis*. (a) Componentes estructurales de la pared y metacromasia de los acinos glandulares (TB pH 3,6). (b) Histoquímica de la mucosa y matriz extracelular; (AB pH 0,5-PAS). (c) Histoquímica del estrato glandular (AB pH 0,5-PAS). (d) Histoquímica del área apical de la mucosa y de la matriz extracelular (AB pH 0,5-PAS). (e,f) Histoquímica de la mucosa y organización de los contenidos de las glándulas (AB pH 0,5-PAS). Abreviaturas: Célula Caliciforme (Cc); Cilios (Ci); Contenido Fibrilar (Cfr); Contenido Granular (Cgr); Fondo de Pliegue (Fp); Glándula AB pH 0,5 (G3A); Glándula Mixta (G5); Glándula PAS +++ (G2C); Glándula TB Beta (G4β); Glándula TB Gama (G4γ); Lumen (Lu); Matriz Extracelular (MEC); Pliegue (PI); Tabique Interglandular (Tig); Túnica Serosa (Tse); Vaso Sanguíneo (Vs). Azul de Toluidina pH 3,6 (TB pH 3,6); Azul Alcian pH 0,5-Acido Periódico-reactivo de Schiff (AB pH 0,5-PAS).

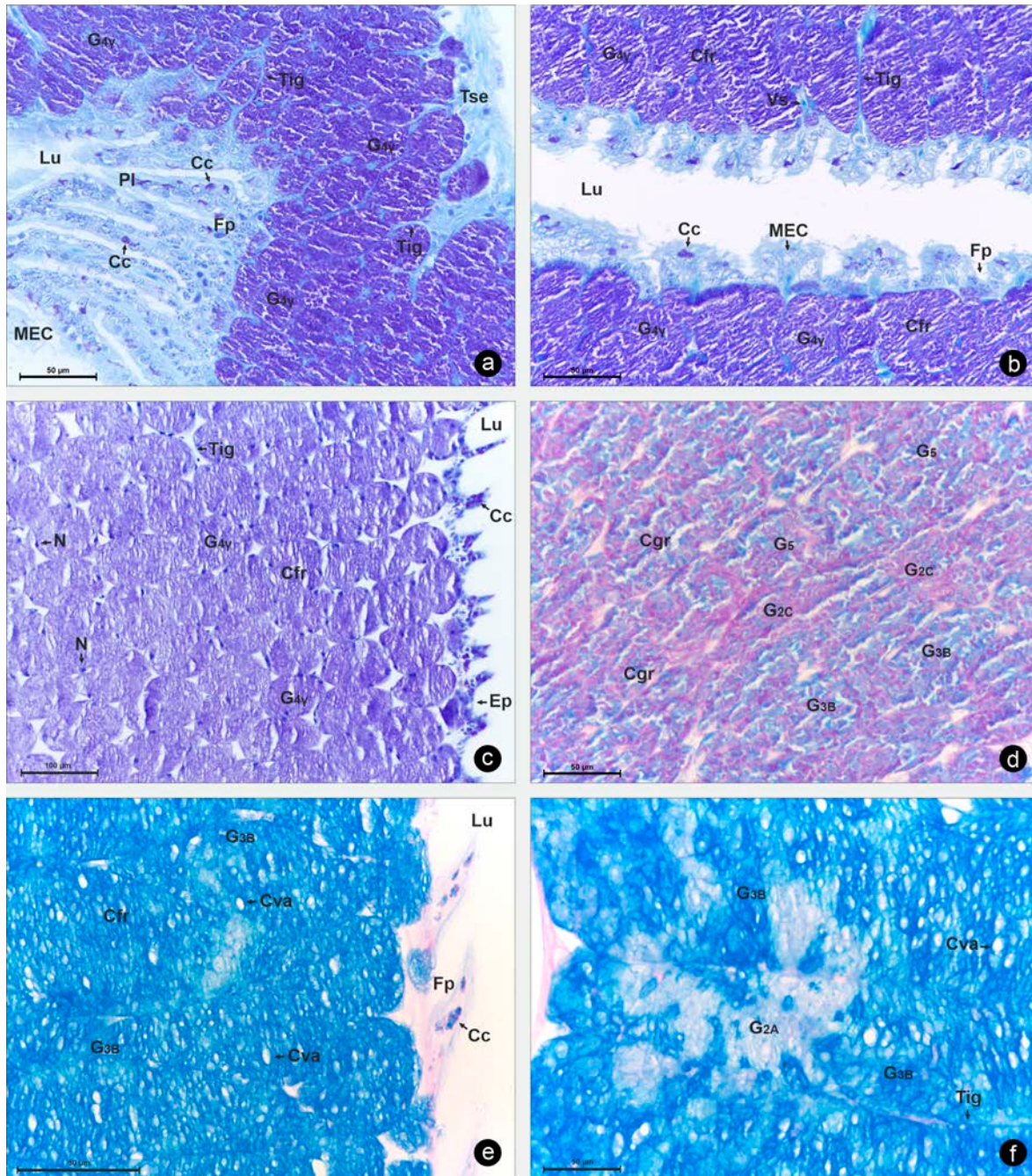


Figure 10. Histochemistry of the preconvoluted part (PPC) of *Oreobates discoidalis*. (a, b, c) Metachromasia reaction of the lining epithelium and glands (TB pH 3,6). (d) Histochemistry and organization of the contents of the glandular acini of the mid-mucosal region; (AB pH 2,5-PAS). (e, f) Histochemistry and organization of gland contents (AB pH 2,5-PAS). Abbreviations: Caliciform Cell (Cc); Fibrillar Content (Cfr); Granular Content (Cgr); Vacuolar Content (Cva); Epithelium (Ep); Fold Background (Fp); Gland AB pH 2,5 (G3B); Gland Mixed (G5); Gland PAS + (G2A); Gland PAS +++ (G2C); Gland TB Gama (G4y); Lumen (Lu), Extracellular Matrix (MEC); Nucleus (N); Fold (Pl); Interglandular Septum (Tig); Serous Tunic (Tse); Blood Vessel (Vs). Toluidin Blue pH 3,6 (TB pH 3,6); Alcian Blue pH 2,5- Periodic Acid-Schiff's reactive (AB pH 2,5-PAS).

Figura 10. Histoquímica de la parte preconvoluta (PPC) de *Oreobates discoidalis*. (a, b, c) Reacción de metacromasia del epitelio de revestimiento y glándulas (TB pH 3,6). (d) Histoquímica y organización de los contenidos de los acinos glandulares de la región media de la mucosa (AB pH 2,5-PAS). (e, f) Histoquímica y organización de los contenidos de las glándulas (AB pH 2,5-PAS). Abreviaturas: Célula Caliciforme (Cc); Contenido fibrilar (Cfr); Contenido Granular (Cgr); Contenido Vacuolar (Cva); Epitelio (Ep); Fondo de Pliegue (Fp); Glándula AB pH 2,5 (G3B); Glándula Mixta (G5); Glándula PAS + (G2A); Glándula PAS +++ (G2C); Glándula TB Gama (G4y); Lumen (Lu), Matriz Extracelular (MEC); Núcleo (N); Pliegue (Pl); Tabique Interglandular (Tig); Túnica Serosa (Tse); Vaso Sanguíneo (Vs). Azul de Toluidina pH 3,6 (TB pH 3,6); Azul Alcian pH 2,5-Ácido Periódico-reactivo de Schiff (AB pH 2,5-PAS).

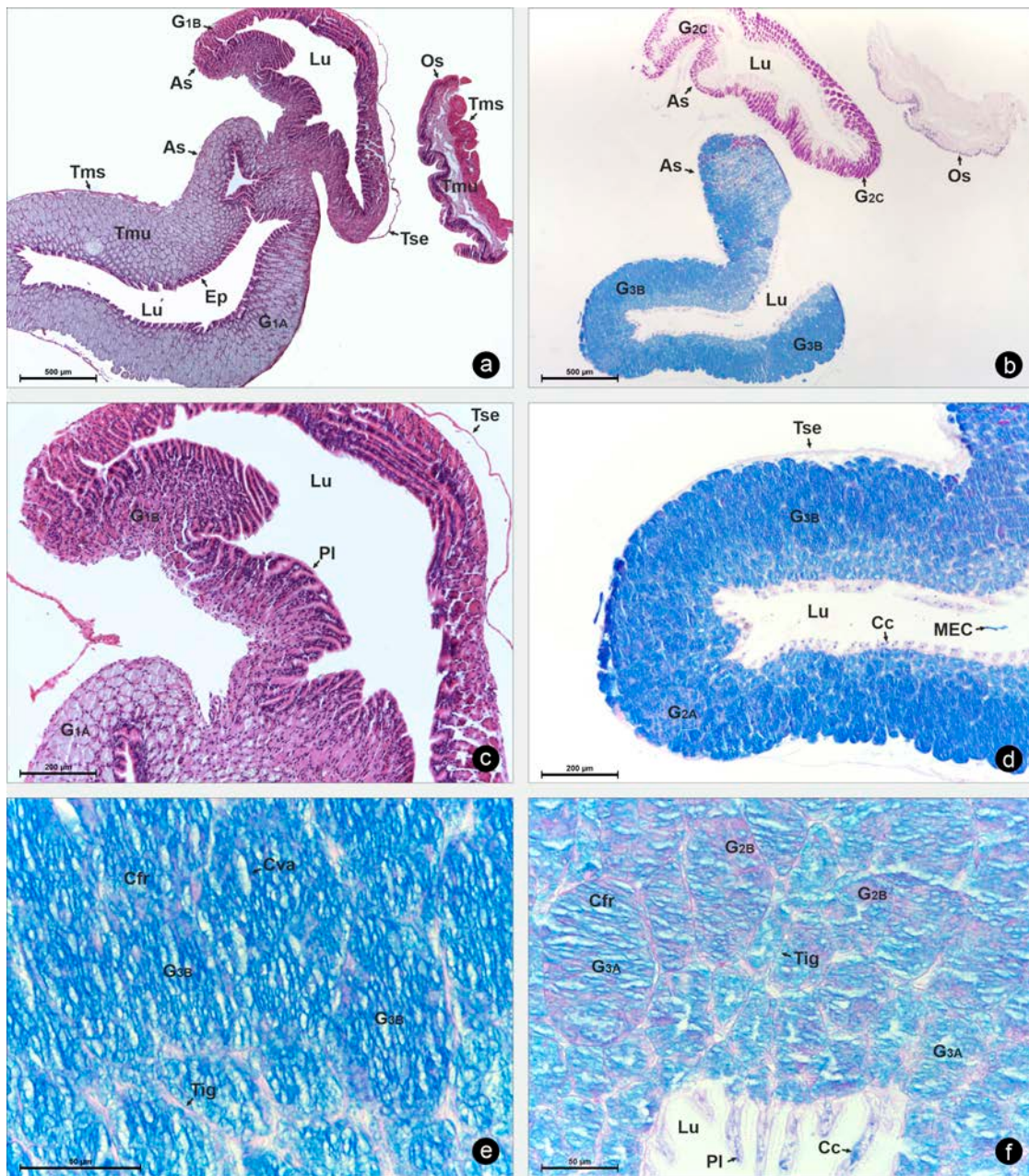


Figure 11. Sagittal section of the convoluted part (PC) of *Oreobates discoidalis*. (a) Histomorphology of the PC and ovisac (H-E). (b) Histochemistry of the PC and ovisac; (AB pH 2,5-PAS). (c) Histomorphology of the last asa of the PC (H-E). (d) Histochemistry of the first handle of the PC; (AB pH 2,5-PAS). (e) Organization of the contents of the glandular acini; (AB pH 2,5-PAS). (f) Histochemistry and organization of the contents of the epithelium and glands; (AB pH 0,5-PAS). Abbreviations: Handles (As); Caliciform Cell (Cc); Fibrillar Content (Cfr); Granular Content (Cgr); Vacuolar Content (Cva); Epithelium (Ep); Gland AB pH 0,5 (G3A); Gland AB pH 2,5 (G3B); Gland Eosin (G1B); Gland Hematoxylin (G1A); Gland PAS + (G2A); Gland PAS ++ (G2B); Gland PAS +++ (G2C); Lumen (Lu); Extracellular Matrix (MEC); Ovisac (Os); Fold (PI); Interglandular Septum (Tig); Mucous Tunic (Tmu); Muscle Tunic (Tms); Serous Tunic (Tse). Hematoxylin-Eosin (H-E); Alcian Blue pH 0,5- Periodic Acid-Schiff's reactive (AB pH 0,5-PAS); Alcian Blue pH 2,5- Periodic Acid-Schiff's reactive (AB pH 2,5-PAS).

Figura 11. Corte sagital de la parte convoluta (PC) de *Oreobates discoidalis*. (a) Histomorfología de las asas de la PC y ovisaco (H-E). (b) Histoquímica de la PC y ovisaco (AB pH 2,5-PAS). (c) Histomorfología de la última asa de la PC (H-E). (d) Histoquímica de la primera asa de la PC (AB pH 2,5-PAS). (e) Organización de los contenidos de los ácinos glandulares (AB pH 2,5-PAS). (f) Histoquímica y organización de los contenidos del epitelio y las glándulas (AB pH 0,5-PAS). Abreviaturas: Asas (As); Célula Caliciforme (Cc); Contenido fibrilar (Cfr); Contenido Granular (Cgr); Contenido Vacuolar (Cva); Epitelio (Ep); Glándula AB pH 0,5 (G3A); Glándula AB pH 2,5 (G3B); Glándula Eosina (G1B); Glándula Hematoxilina (G1A); Glándula PAS + (G2A); Glándula PAS ++ (G2B); Glándula PAS +++ (G2C); Lumen (Lu); Matriz Extracelular (MEC); Ovisaco (Os); Pliegue (PI); Tabique Interglandular (Tig); Túnica Mucosa (Tmu); Túnica Muscular (Tms); Túnica Serosa (Tse). Hematoxilina-Eosina (H-E); Azul Alcian pH 0,5-Acido Periódico-reactivo de Schiff (AB pH 0,5-PAS); Azul Alcian pH 2,5-Acido Periódico-reactivo de Schiff (AB pH 2,5-PAS).

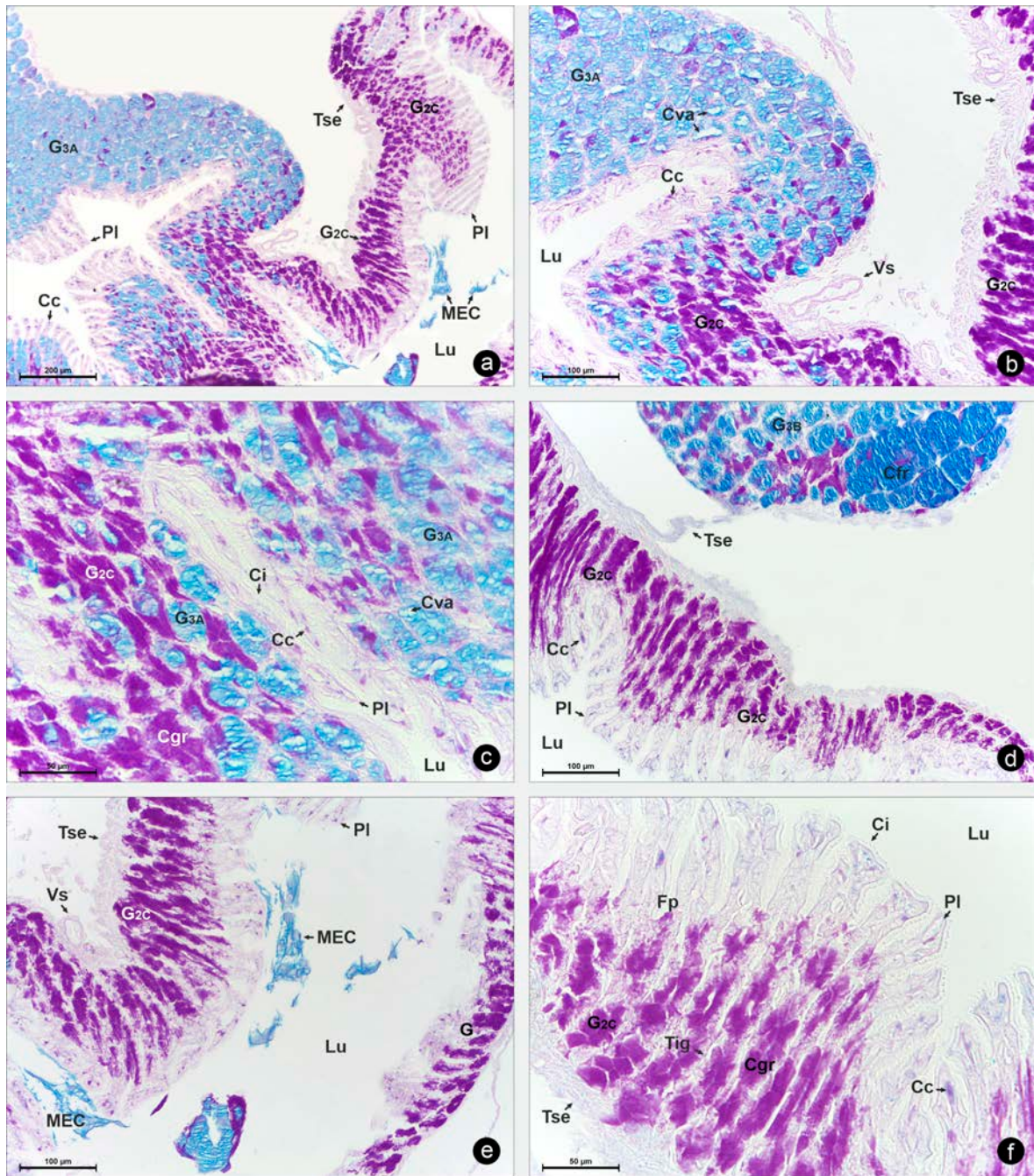


Figure 12. Sagittal section of the convoluted part (PC) of *Oreobates discoidalis*. (a, b) Histochemistry of the transition zone of the PC (AB pH 0,5-PAS). (c) Histochemistry and organization of the contents of the mucosal glands (AB pH 0,5-PAS). (d) Histochemistry of the PC (AB pH 2,5-PAS). (e) Histochemistry of the mucosa and extracellular matrix (AB pH 0,5-PAS). (f) Histochemistry of the epithelium and organization of cell contents (AB pH 2,5-PAS). Abbreviations: Caliciform Cell (Cc); Cilia (Ci); Granular Content (Cgr); Fibrillar Content (Cfr); Vacuolar Content (Cva); Fold Background (Fp); Gland (G); Gland AB pH 0,5 (G3A); Gland AB pH 2,5 (G3B); Gland PAS +++ (G2C); Lumen (Lu), Extracellular Matrix (MEC); Fold (PI); Interglandular Septum (Tig); Serous Tunic (Tse); Blood Vessel (Vs). Alcian Blue pH 0,5- Periodic Acid Schiff (AB pH 0,5-PAS); Alcian Blue pH 2,5- Periodic Acid-Schiff's reactive (AB pH 2,5-PAS).

Figura 12. Corte sagital de la parte convoluta (PC) de *Oreobates discoidalis*. (a, b) Histoquímica de la zona de transición de la PC (AB pH 0,5-PAS). (c) Histoquímica y organización de los contenidos de las glándulas de la mucosa (AB pH 0,5-PAS). (d) Histoquímica de diferentes asas de la PC (AB pH 2,5-PAS). (e) Histoquímica de la mucosa y matriz extracelular (AB pH 0,5-PAS). (f) Histoquímica del epitelio y organización de los contenidos celulares (AB pH 2,5-PAS). Abreviaturas: Célula Caliciforme (Cc); Cilios (Ci); Contenido Granular (Cgr); Contenido Fibrilar (Cfr); Contenido Vacuolar (Cva); Fondo de Pliegue (Fp); Glándula (G); Glándula AB pH 0,5 (G3A); Glándula AB pH 2,5 (G3B); Glándula PAS +++ (G2C); Lumen (Lu), Matriz Extracelular (MEC); Pliegue (PI); Tabique Interglandular (Tig); Túnica Serosa (Tse); Vaso Sanguíneo (Vs). Azul Alcian pH 0,5-Ácido Periódico-reactivo de Schiff (AB pH 0,5-PAS); Azul Alcian pH 2,5-Ácido Periódico-reactivo de Schiff (AB pH 2,5-PAS).

se observan algunos sectores con glándulas de tipo 2c con mucoproteínas neutras muy polimerizadas y glándulas de tipo 5 con contenidos mixtos ácidos y neutros. Los contenidos glandulares, de aspecto fibrilar y vacuolado, comprimen al núcleo de las células secretoras dándole una forma alargada. En el lumen de esta región se observa una importante matriz extracelular formada a partir de la secreción de los diferentes contenidos glandulares (Figs. 7a-f) (Tabla 2).

Parte Preconvoluta (PPC)

Esta zona se caracteriza por el gran desarrollo del estrato glandular. Las glándulas, de mayor longitud con respecto a las glándulas de la ZIP, están cargadas de contenidos que en algunos sectores comprimen el epitelio disminuyendo la longitud de los pliegues. El contenido glandular se libera en la región situada entre los pliegues (Figs. 8a, c). Las células secretoras de las glándulas presentan forma de prismas hexagonales con un núcleo basal aplanado (Figs. 8b, d, e, f).

En la PPC, las células caliciformes, que conforman la glándula, son metacromáticas y AB positivas, lo que indica que elaboran mucinas con residuos sulfatados. En el parénquima glandular los contenidos ácidos son determinados por la reacción con TB pH 3,6 de las glándulas de tipo 4γ con glicoconjugados con residuos sulfatados y las glándulas de tipo 3a y 3b reactivas con AB a pH 0,5 y 2,5, indicando la presencia de glicoconjugados con residuos ácidos de tipos sulfatados, carboxilados y fosfatados (Figs. 9a, c, e, f; 10 a-f).

Numerosas asas con glándulas de tipo 5 muestran un mosaico de contenidos, con una secreción central de aspecto granular grueso PAS positiva que indica la presencia de mucoproteínas neutras muy polimerizadas y externamente una secreción amorfa AB positivas con glicoconjugados ácidos. Ambos contenidos describen una trayectoria laberíntica tanto PAS como AB positiva, observándose en algunas glándulas la superposición de contenidos dando un color morado intenso (Figs. 9b, d-f). Entre los contenidos mixtos y alcianófilos se observan algunas glándulas de tipo 2c con mucoproteínas neutras muy polimerizadas (Fig. 9c; 10d). También, se observan asas con glándulas cargadas de contenidos ácidos, las cuales rodean vacuolas de glicolípidos que se organizan en forma uni o multilocular, estos contenidos tienen una distribución desordenada en el adenómero (Figs. 10e, f).

Parte Convoluta (PC)

En esta zona se observan glándulas de tipo 1, 2 y 3 cuyos contenidos intracelulares presentan una organización de naturaleza fibrilar

y granular basófilo (Fig. 11). En las primeras asas se observan glándulas de tipo 1a, 2 y 3 con contenidos de proteoglicanos con residuos ácidos, principalmente carboxilados y sialilados, con una organización de tipo fibrilar en las cuales se visualiza fibras paralelas basófilas y AB positivas (Figs. 11a, c, b, d-f). Mientras que, la última asa de PC presenta glándulas de tipo 1b y 2c con contenidos acidófilos y PAS positivo que indican la presencia de proteoglicanos neutros (Figs. 11c; 12a-f). El epitelio mucoso de esta región se destaca la presencia de células caliciformes con un contenido intensamente PAS positivo y algunas células con contenido AB positivo, lo cual indica la presencia de mucoproteínas neutras muy polimerizadas y proteoglicanos neutros con residuos ácidos de tipo carboxilados y de ácido siálico (Figs. 11d, f; 12c). Los contenidos en la PC muestran una organización de tipo granular finas y gruesas, son PAS positivos, y en algunos sectores de la glándula alcianófilas los contenidos se organizan de manera fibrilar y vacuolada (Figs. 11e, f; 12c, f).

Ovisaco (Os)

La mucosa del ovisaco está formada por un epitelio pseudoestratificado cilíndrico. Está constituido por abundantes células caliciformes y glándulas de tipo 5 con secreciones mixta AB-PAS positiva que indican la superposición de contenidos de glicoconjugados fuertemente ácidos con glicoconjugados neutros muy polimerizados que dan una coloración morada. El epitelio de revestimiento se apoya sobre una delgada membrana basal PAS positiva. En el tejido conectivo laxo subyacente se visualizan fibras de colágeno, fibroblasto, macrófagos y abundantes vasos sanguíneos. (Figs. 13a-f).

Túnica muscular

La túnica muscular varía en espesor a lo largo del oviducto, observándose en la PR, ZIP y PC una delgada capa formada por dos a tres láminas de fibras musculares lisas dispuestas circularmente, que aumentan de espesor en la PPC. En el ovisaco, externamente a la lámina propia, se observa una gruesa capa muscular constituida por dos capas de músculo liso, con una capa interna con fibras de orientación circular y una externa con orientación longitudinal (Figs. 6a, b; 7c; 8a, 13b).

Túnica serosa

La túnica serosa varía de espesor en las diferentes zonas del oviducto. Está formada por tejido conectivo con abundantes fibras de colágeno relativamente desorganizadas y una importante irrigación con vasos de mediano y pequeño calibre: arterias, arteriolas, venas, vénulas y capilares con terminales

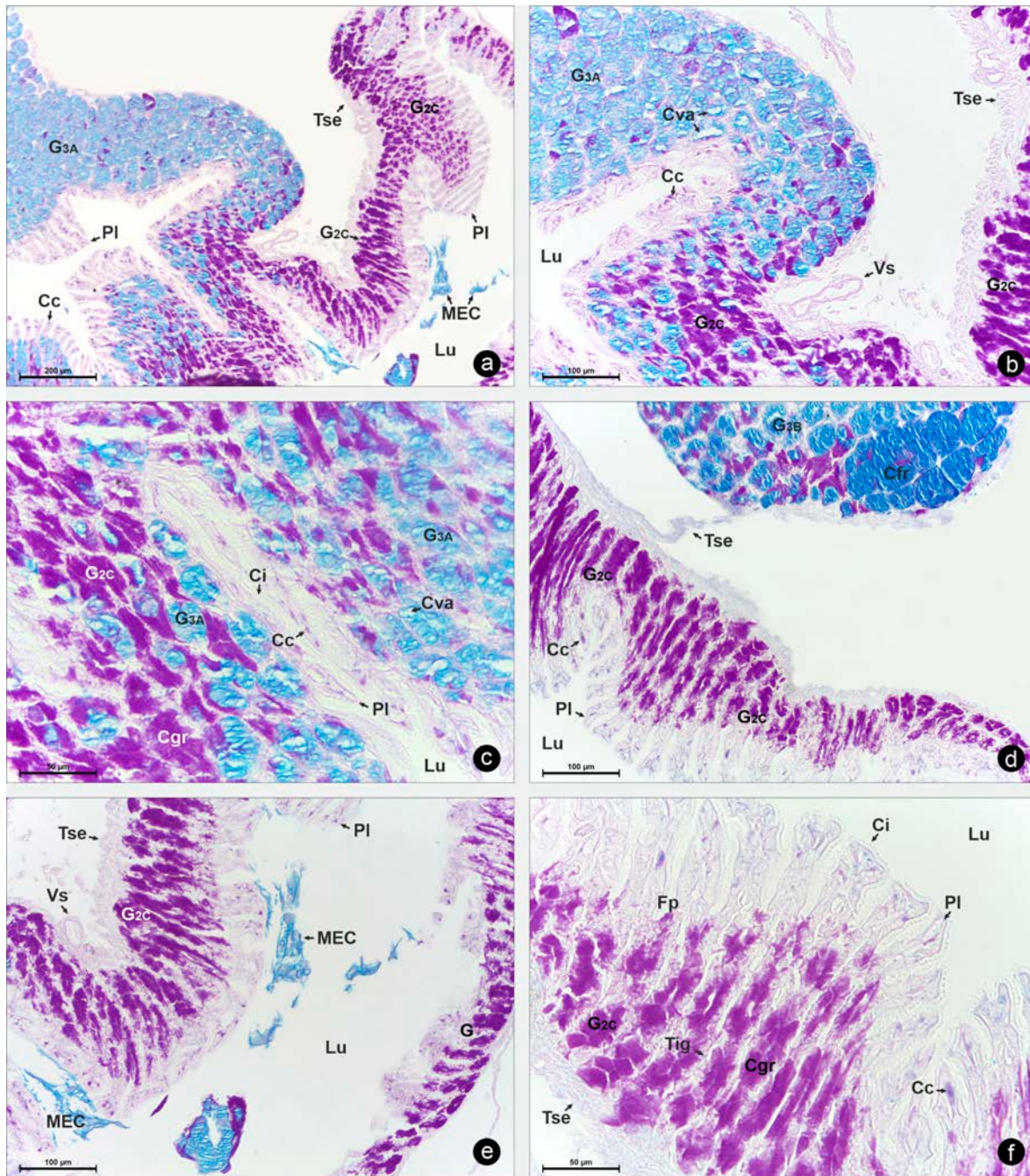


Figure 13. Sagittal section of ovisac (Os) of *Oreobates discoidalis*. (a) Histomorphology of the Os (H-E). (b) Tunics and structural components of the Os (H-E). (c) Detail of the lining epithelium (H-E). (d) Histochemistry of the wall of the tunics of the Os (AB pH 0,5-PAS). (e) Histochemistry of secretory cells of lining epithelium (AB pH 0,5-PAS). (f) Histochemistry of the ovisac mucosa (AB pH 2,5-PAS). Abbreviations: Caliciform Cell (Cc); Granular Content (Cgr); Vacuolar Content (Cva); Epithelium (Ep); Fibroblast (Fi); Gland Eosin (G1B); Gland Mixed (G5); Laminate Basal (Lb); Lymphocyte (Lf); Lumen (Lu); Macrophage (Ma); Nucleus (N); Ovisac (Os); Convoluted Part (PC); Connective Tissue (Tc); Lax connective tissue (Tcl); Muscle Tunic (Tms), Serous Tunic (Tse); Blood Vessel (Vs). Hematoxylin-Eosin (H-E); Alcian Blue pH 0,5- Periodic Acid Schiff (AB pH 0,5-PAS); Alcian Blue pH 2,5- Periodic Acid-Schiff's reactive (AB pH 2,5-PAS).

Figura 13. Corte sagital de ovisaco (Os) de *Oreobates discoidalis*. (a) Histomorfología del Os (H-E). (b) Túnica y componentes estructurales del Os (H-E). (c) Detalle del epitelio de revestimiento (H-E). (d) Histoquímica de la pared de las túnicas del Os (AB pH 0,5-PAS). (e) Histoquímica de células secretoras de epitelio de revestimiento (AB pH 0,5-PAS). (f) Histoquímica de la mucosa del Os (AB pH 2,5-PAS). Abreviaturas: Célula Caliciforme (Cc); Contenido Granular (Cgr); Contenido Vacuolar (Cva); Epitelio (Ep); Fibroblasto (Fi); Glándula Eosina (G1B); Glándula Mixta (G5); Lamina Basal (Lb); Linfocito (Lf); Lumen (Lu); Macrófago (Ma); Núcleo (N); Ovisaco (Os); Parte Convoluta (PC); Tejido Conectivo (Tc); Tejido Conectivo Laxo (Tcl); Túnica Muscular (Tms), Túnica Serosa (Tse); Vaso Sanguíneo (Vs). Hematoxilina-Eosina (H-E); Azul Alcian pH 0,5-Acido Periódico-reactivo de Schiff (AB pH 0,5-PAS); Azul Alcian pH 2,5-Acido Periódico-reactivo de Schiff (AB pH 2,5-PAS).

nerviosas que constituyen paquetes vículo-nerviosos (Figs. 6a; 7c; 8a, b; 11c; 13a, b).

En síntesis, los resultados permiten destacar como características relevantes: mayor desarrollo del ovario derecho y ovarios constituidos por un solo lóbulo. Durante el período reproductivo, presencia de pocos oocitos y tecas muy desarrolladas. En cada ovario, presencia de hasta 10 folículos ováricos vitelogénicos tipo 3 y 4 que se caracterizan por el desplazamiento de la vesícula germinativa al polo animal, retracción de la membrana nuclear y escasos nucléolos ubicados en la región central del núcleo. Los folículos ováricos tipo 3 en el ooplasma del oocito presentan plaquetas vitelinas de diferentes tamaños organizadas en estratos; los folículos ováricos tipo 4 presentan plaquetas que se compactan formando una estructura homogénea.

En el oviducto, desde la región ZIP a la PPC, se observa predominancia de contenido de glicoconjugados. En la PC las asas finales muestran contenidos de glicoconjugados neutros. Se destaca la presencia de áreas glandulares con vacuolas de diferentes tamaños y límites basófilos, las cuales contienen glicolípidos.

DISCUSIÓN

Una característica distintiva de las hembras de la especie *O. discoidalis* es la presencia de ovarios compuestos por un solo lóbulo. Este rasgo contrasta con la estructura ovárica observada en otras especies de anuros con diferentes modos de puesta, como *Lithobates catesbeianus* (Costa et al. 1998), *Rhinella arenarum* (Cabada et al., 1996), *Scinax fuscovarius* (Oliveira, 2004), *Peophylax lessonae* (Rastogi et al., 1983) y *Leptodactylus latinasus* (Pucci Alcaide et al., 2012), las cuales poseen ovarios formados por varios lóbulos. Al igual que en la mayoría de los anuros, la especie estudiada, en el proceso de foliculogénesis, muestra las mismas etapas durante el periodo preovulatorio, que involucra la interacción entre las células de la línea germinal y las células somáticas para la formación de los folículos ováricos previtelogénicos y vitelogénicos (Monroy et al., 1982).

Las características generales de los diferentes folículos del ovario, tales como: tamaño de los folículos, plegamiento y migración de la vesícula germinal, formación de las plaquetas vitelinas y disposición de las plaquetas en el citoplasma fueron similares a las descritas en *S. fuscovarius* (Oliveira, 2004); *R. arenarum* (Cabada, 1996), *Xenopus laevis* (Dumont, 1972), *Leptodactylus labyrinthicus* (Prado et al., 2004), y *Osteopilus septentrionalis* (Rodríguez Gómez, 2014).

En *O. discoidalis*, se observan diferencias significativas en los folículos ováricos de tipo 3 en comparación con otras especies. En *O. discoidalis*, la teca de estos folículos está más desarrollada, compuesta por dos capas, y el epitelio folicular es de tipo simple cuboidal. En contraste, en seis especies del género *Eleutherodactylus*, las cuales también presentan desarrollo directo, se ha observado que la teca está formada por una sola capa y presentan un epitelio folicular simple plano (Rodríguez Gómez et al., 2010). Además, en los folículos con vitelogénesis avanzada de *O. discoidalis*, se ha observado la incorporación progresiva de plaquetas vitelinas en el citoplasma de manera centrípeta, con plaquetas pequeñas y grandes dispuestas en hileras. Este proceso de incorporación progresiva de plaquetas vitelinas en regiones sectorizadas de los folículos ováricos tipo 3 también ha sido descrito en *L. labyrinthicus* (Prado et al., 2004). En la especie estudiada, el oocito y su núcleo experimentan un crecimiento durante el desarrollo folicular, especialmente en la primera y segunda fase de crecimiento de los folículos ováricos. Esta relación lineal entre el folículo y sus diámetros nucleares también se describió en *Euphlyctis ehrenbergi* (Pancharatna & Saidapur, 1985). El plegamiento de la envoltura nuclear y la disposición de los nucléolos a lo largo del proceso de foliculogénesis fueron similares a los descritos en *Flectonotus pygmaeus* (Del Pino & Humphries, 1978), y en especies del género *Eleutherodactylus* (Rodríguez Gómez et al., 2010). La abundancia de cromosomas plumulados en los primeros momentos de la foliculogénesis fue también observada en *X. laevis* (Coggins, 1973; Espinosa et al., 1980; Capco & Jeffery, 1982). Se han observado proyecciones digitiformes de tejido conectivo en ciertos sectores del estroma ovárico de *O. discoidalis*, características que también han sido descritas en *P. lessonae* como folículos postovulatorios (Rastogi et al., 1983). Estas estructuras están sectorizadas en una corteza y una médula con abundantes células correspondientes al tejido linfático.

El oviducto de *O. discoidalis* presenta una población celular en el epitelio de la mucosa similar a la observada en otras especies de anuros, como *R. arenarum* (Moreno, 1972) y *Leptodactylus chaquensis* (Alcaide, 1991). Sin embargo, la histoquímica evidencia especificidad de glicoconjugados en las diferentes zonas del oviducto, con una predominancia de proteoglicanos ácidos y mosaico de contenidos ácidos y neutros, desde la ZIP a la PPC, mientras que en PC las asas finales muestran contenidos de glicoconjugados neutros. Los resultados obtenidos evidencian que la síntesis y la organización de los glicoconjugados en el oviducto de *O. discoidalis* difiere de otras especies que colocan las puestas en el agua, como las pertenecientes a las familias Bufonidae, Leptodactylidae, Hylidae y Microhylidae (Alcaide, 2006). Las biomoléculas presentes en los contenidos sintetizadas

a lo largo del oviducto tendrían un rol trascendental en la biología reproductiva de *O. discoidalis*, ya que tienen un efecto directo en la fisiología del huevo y la posterior fecundación (Katagiri, 1961, 1962, 1963, 1965; Glick & Shaver, 1963; Barbieri & Cabada, 1969; Barbieri & Raisman, 1969; Barbieri & Budeguer de Atenor, 1973; Raisman et al., 1980; Winik et al., 1999; Crespo, 2009). La presencia de una alta concentración de gliconjugados, principalmente con carga negativa debido a la presencia de grupos sulfatos, en el oviducto de *O. discoidalis*, sugiere una capacidad para atraer agua que facilitaría la difusión de macromoléculas hidrosolubles. Esta hidratación adicional sería especialmente útil en un modo de puesta fuera del agua, tal como se ha descrito para esta especie (Akmentins et al., 2015). Además, aunque los gliconjugados neutros producidos en el oviducto no son muy abundantes, serían suficientes para conferir a la puesta la adhesión necesaria para mantenerse aglutinada en el medio terrestre. Estos glúcidos también forman las cubiertas ovocitarias, que proporcionan un medio de protección para el futuro embrión.

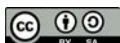
En *O. discoidalis* la arquitectura de los compuestos glucídicos y el seguimiento de los procesos que ocurren en cada uno de los sectores oviductales nos han permitido comprender organizaciones específicas que estarían basadas en los componentes de las biomoléculas presentes que expondría los sitios de unión específicos para el reconocimiento de los espermatozoides de la misma especie; y proporcionarían características adecuadas a un modo de puesta fuera del agua.

Agradecimientos.– Expresamos nuestro agradecimiento a la Fundación Miguel Lillo (Proyecto Z-0075-1) y a CONICET PIP 2018 (otorgado a MLP) por brindarnos asistencia financiera. Permisos de colecta otorgado a M.L.P. Resolución N°000042 (Ministerio de Ambiente y Producción Sustentable, Gbno. Pcia. de Salta, Argentina) y N°229-19 (Dirección de Flora, Fauna Silvestre y Suelos Gbno. Pcia. de Tucumán, Argentina).

LITERATURA CITADA

- Akmentins, M.S. 2011. Vocal repertoire of two species of *Oreobates* Jiménez de la Espada. 1872 (Anura: Strabomantidae) of the Yungas Andean forest, NW Argentina. *Journal of Natural History* 45:1789-1799.
- Akmentins, M.S., L.C. Pereyra, E.A. Sanabria & M. Vaira. 2015. Patterns of daily and seasonal calling activity of a direct-developing frog of the subtropical Andean forests of Argentina. *Bioacoustics* 24:89-99.
- Alcaide, M.F. 1991. Aspectos histoquímicos del oviducto de *Leptodactylus chaquensis*. *Acta Zoologica Lilloana* 40:109-115.
- Alcaide, M.F. 1995. Determinación histoquímica de las mucinas en el oviducto de *Ceratophrys cranwelli* (Anura, Leptodactylidae). Período Preovulatorio. *Acta Zoologica Lilloana* 43:49-55.
- Alcaide, M.F. 2006. Relaciones entre Oviducto de Anuros y los Modos de Ovoposición en el Agua. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales e I.M.L. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina. Biblioteca Facultad de Ciencias Naturales (UNT).
- Alcaide, M.F., Lavilla, E.O. & A. Pucci Alcaide. 2009. Histology and histochemistry of the albumin glands in some foam-nesting anurans. *South American Journal of Herpetology* 4:151-163.
- Barbieri, F.D. & M. Cabada. 1969. The role of the diffusible factors released by the eggs jelly in fertilization of the toad egg. *Experientia* 25:1312-1313.
- Barbieri, F.D. & J.S. Raisman. 1969. Non-gametic factors involved in the fertilization of *Bufo arenarum* oocytes. *Development, Growth & Differentiation* 10:363-372.
- Barbieri, F.D. & M.S. Budeguer de Atenor. 1973. Rol of oviducal secretions in the fertilization of *Bufo arenarum* oocytes. *Archives of Biology* 84:501-511.
- Barka, T. & P.J. Anderson. 1965. *Histochemistry Theory, Practice and Bibliography*. Hoeber Medical Division: Harper Row, Publishers, Inc. New York, Evanston, and London. England.
- Bühler, M.I., G. Sánchez Toranzo & L. Zelarayam. 2013. El Ovocito de *Rhinella arenarum* como Modelo para el Estudio de la Maduración y Activación. *Opera Lilloana* N°48. Fundación Miguel Lillo. Tucumán. Argentina.
- Beattie, R.C. 1980. A physico-chemical investigation of the jelly capsules surrounding eggs of the common frog (*Rana temporaria temporaria*). *Journal of Zoology* 190:1-25.
- Cabada, M.O., A. Sánchez, N. Riera, H.D. Genta, S.S. Sánchez & G. A. Barisone. 1996. Vitelline envelope formation during oogenesis in *Bufo arenarum*. *Biocell* 20:77-86.
- Capco, D.G., & W.R. Jeffery. 1982. Transient localizations of messenger RNA in *Xenopus laevis* oocytes. *Developmental Biology* 89:1-12.

- Coggins, L.W. 1973. An ultrastructural and radioautographic study of early oogenesis in the toad *Xenopus laevis*. *Journal of Cell Science* 12:71-93.
- Costa, C., S.L. Lima, D.R. Andrade & C.Â. Agostinho. 1998. Caracterização morfológica dos estádios de desenvolvimento do aparelho reprodutor feminino da rã-touro, *Rana catesbeiana*, no sistema anfigranja de criação intensiva. *Revista Brasileira de Zootecnia. Brazilian Journal of Animal Science* 27:642-650.
- Crespo, C. 2009. Biomoléculas secretadas por el oviducto de *Bufo arenarum*. Su relación con la fecundación Tesis de Doctorado. Facultad de Bioquímica Química y Farmacia, Universidad Nacional de Tucumán. Argentina. Biblioteca Facultad de Bioquímica Química y Farmacia (UNT).
- Del Pino, E.M. & A.A. Jr. Humphries. 1978. Multiple nuclei during early oogenesis in *Flectonotus pygmaeus* and other marsupial frogs. *The Biological Bulletin* 154:198-212.
- Duellman, W.E. & L. Trueb. 1986. *Biology of Amphibians*. Mc. Graw-Hill Book Co. New York, St. Louis, San Francisco. USA.
- Dumont, J.N. 1972. Oogenesis in *Xenopus laevis* (Daudin). I. Stages of oocyte development in laboratory maintained animals. *Journal of Morphology* 136:153-179.
- Espinoza, A.M., P.E. León, G. Macaya, A.L. Fuentes & J.M. Gutiérrez. 1980. Estructura y función de los cromosomas plumulados. *Revista de Biología Tropical* 28:209-226.
- Fernández, S.N. & I. Ramos. 2003. Endocrinology of reproduction. Pp. 73-117. En Jamieson, G.M. (Ed.), *Reproductive Biology and Phylogeny of Anura*. Boca Raton, USA.
- Frost, D.R. 2021. *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 6.1. Electronic Database accessible at <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA. doi.org/10.5531/db.vz.0001 [Consultado en noviembre 2021]
- Glick, R.N. & J.R. Shaver. 1963. The fertilizability of frog eggs from different levels of the female reproductive tract. *Experimental Cell Research* 32:615-618.
- Haddad, C.F. & C.P. Prado. 2005. Reproductive modes in frogs and their unexpected diversity in the Atlantic Forest of Brazil. *BioScience* 55:207-217.
- Humason, G. 1979. *Animal Tissue Techniques*. 4th edition. W. H. Freeman and Co. Ltd., New York. USA.
- Katagiri, C. 1961. On the fertilizability of the frog egg. I. *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University. Series VI Zoology* 14:607-613.
- Katagiri, C. 1962. On the fertilizability of the frog egg II. Change of the jelly envelopes in water. *Japanese Journal of Zoology* 13:365-373.
- Katagiri, C. 1963. On the fertilization of the frog egg. III. Removal of egg envelopes from unfertilized egg. *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University. Series VI Zoology* 15:202-211.
- Katagiri, C. 1965. The fertilizability of coelomic and oviducal eggs of the toad *Bufo bufo formosus*. *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University. Series VI Zoology* 15:633-643.
- Lee, P.A. 1967a. Studies of frog oviductal jelly secretion I. Chemical analysis of secretory product. *Journal of Experimental Zoology* 166:99-106.
- Lee, P.A. 1967b. Studies of frog oviductal jelly secretion II. Cytology of secretory cycle. *Journal of Experimental Zoology* 166:107-12.
- Michaelis, L. & S. Granick. 1945. Einführung in die Farbhstoffchemiefür Histologen, Berlin. *Journal of the American Chemical Society* 67:1212.
- Monroy, A., E. Parisi & F. Rosati. 1982. On the segregation of the germ and somatic cell lines in the embryo. *Differentiation* 23:179-183.
- Moreno, A.R. 1972. Histomorfología del oviducto de *Bufo arenarum* (Hensel), *Revista del Noroeste Argentino* 9:585-602.
- Moreno, A.R. & M.F. Alcaide. 1978. Histomorfología del oviducto de *Ceratophrys ornata* (Bell), (Amphibia, Anura). *Acta Zoológica Lilloana* 33:93-106.
- Nunes de Almeida, C.H.L., C.F.B. Haddad & L.F. Toledo. 2021. A revised classification of the amphibian reproductive modes. *Salamandra* 57:413-427.
- Olavarria, J.M., B.A. Méndez & M. J. Lefebvre. 1968. La secreción del oviducto del sapo *Bufo arenarum*. Introducción al estudio de la composición química. *Acta Physiologica Latinoamericana* 18:173-187.



- Oliveira, C.D. & L.R.D.S. Santos. 2004. Histological characterization of cellular types during *Scinax fuscovarius* oogenesis (Lutz) (Anura, Hylidae). *Revista Brasileira de Zoologia* 21:919-923.
- Padial, J.M., J. Koehler, A. Munoz & I. De la Riva. 2008. Assessing the taxonomic status of tropical frogs through bioacoustics: geographical variation in the advertisement calls in the *Eleutherodactylus discoidalis* species group (Anura). *Zoological Journal of the Linnean Society* 152:353-365.
- Padial, J.M., J.C. Chaparro, S. Castroviejo-Fisher, J.M. Guayasamin, E. Lehr, A.J. Delgado, M. Vaira, M. Jr. Teixeira, R. Aguayo & I. De La Riva. 2012. A revision of species diversity in the Neotropical genus *Oreobates* (Anura: Strabomantidae), with the description of three new species from the Amazonian slopes of the Andes. *American Museum Novitates* 3752:1-55.
- Pancharatna, M. & S.K. Saidapur. 1985. Ovarian cycle in the frog *Rana cyanophlyctis*: a quantitative study of follicular kinetics in relation to body mass, oviduct, and fat body cycles. *Journal of Morphology* 186:135-147.
- Paniagua, R., B. Fraile & F.J. Sáez. 1990. Efectos del fotoperíodo y la temperatura sobre la función testicular en anfibios. *Histología e Histopatología* 5:365-378.
- Pearse, E. 1960. *Histoquímica Teórica y Aplicada*. Aguilar, Madrid. España.
- Pereda, J. 1970. Etude histochemique des mucopolysaccharides de l'oviducte et des gangues muqueuses des ovocytes de *Rana pipiens*: Incorporation du $^{35}\text{SO}_4$. *Developmental Biology* 21:318-330.
- Pierantoni, R., L. Iela G. Delrio & R.K. Rastogi. 1984. Seasonal plasma sex steroid levels in the female *Rana esculenta*. *General and Comparative Endocrinology* 53:126-134.
- Prado, C., F.C. Abdalla, A.P.Z. Silva & J. Zina. 2004. Late gametogenesis in *Leptodactylus labyrinthicus* (Amphibia, Anura, Leptodactylidae) and some ecological considerations. *Journal of Morphological Sciences* 21:177-184.
- Pucci Alcaide, A., M.F. Alcaide, F. Pucci Alcaide & Lavilla, E.O. 2011. The vesicles of *Phyllomedusa sauvagii* (Anura: Hylidae) nest. *South American Journal of Herpetology* 6:20-26.
- Pucci Alcaide, A., M.L. Ponssa F.J. Pucci Alcaide & M.F. Alcaide. 2012. Histología de ovario en hembras vitelogénicas de *Leptodactylus latinasus* (Anura, Leptodactylidae). *Acta Zoológica Lilloana* 56:44-53.
- Raisman, J.S., R.W. De Cunio, M.O. Cabada, E.J. Del Pino & I.M. Mariano. 1980. Ruptura del acrosoma en espermatozoides de *Leptodactylus chaquensis* (Amphibia Anura). *Desarrollo, Crecimiento y Diferenciación* 22:289-297.
- Rastogi, R.K., I. Izzo-Vitiello, M. Di Meglio, L. Di Matteo, R. Franzese, M.G. Di Costanzo & G. Chieffi. 1983. Ovarian activity and reproduction in the frog, *Rana esculenta*. *Journal of Zoology* 200:233-247.
- Rodríguez Gómez, Y., A., Sanz-Ochotorena, M. D. L. Segura-Valdés, R. Lara-Martínez & L.F. Jiménez-García. 2010. Morfología del ovario en ranas del género *Eleutherodactylus* (Anura: Leptodactylidae). *Acta Microscópica* 19:271-278.
- Rodríguez Gómez, Y. 2014. Desarrollo folicular en la rana platanera *Osteopilus septentrionalis* (Anura: Hylidae). *Morfovital*:1-9.
- Shaver, J.R. & S.H. Barch. 1960. Experimental studies on the role of jelly coat material in fertilization in the frog. *Acta Embryologiae et Morphologiae Experimentalis* 3:180-189.
- Vaira, M. & L. Ferrari. 2008. A new species of *Oreobates* (Anura: Strabomantidae) from the Andes of northern Argentina. *Zootaxa* 1908:41-50.
- Vaira, M., M. Akmentins, Attademo, M., Baldo, D., Barrasso, D., Barrionuevo, J.S. & V. Zaracho. 2012. Categorización del estado de conservación de los anfibios de la República Argentina. *Cuadernos de Herpetología* 26:131-159.
- Wake, M.H. 1989. Phylogenesis of direct development and viviparity in vertebrates. En D.B. Wake & G. Roth (Eds.), *Complex Organismal Functions: Integration and Evolution in Vertebrates*. John Wiley, New York and Chichester, USA.
- Wake, M.H. & R. Dickie. 1998. Oviduct structure and function and reproductive modes in amphibians. *Journal of Experimental Zoology* 282:477-506.
- Winik, B.C., M.F. Alcaide, C.A. Crespo, M.F. Medina, I. Ramos & S.N. Fernández. 1999. Ultrastructural changes in the oviductal mucosa throughout the sexual cycle in *Bufo arenarum*. *Journal of Morphology* 239:61-73.



RANGE EXPANSION IN THE GEOGRAPHIC DISTRIBUTION OF *XENODON ANGUSTIROSTRIS* PETERS, 1864: A NEW LOCALITY FOR THE COLOMBIAN CARIBBEAN ECOREGION

EXPANSIÓN DEL RANGO EN LA DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE *XENODON ANGUSTIROSTRIS* PETERS, 1864: UNA NUEVA LOCALIDAD PARA LA ECORREGIÓN DEL CARIBE COLOMBIANO

Teddy Angarita-Sierra^{1*} & Dino Carmelo Manco-Jaraba²

¹Grupo de investigación Biodiversidad para la sociedad, Universidad Nacional de Colombia sede de La Paz, Km 9, vía Valledupar- La Paz, Cesar, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5978-9312>

²Universidad de La Guajira, Km 5, vía Maicao-Rioacha, Riohacha, La Guajira, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8506-094X>

*Correspondence: tgangaritas@unal.edu.co

Received: 2023-03-13. **Accepted:** 2023-07-07. **Published:** 2023-07-17.

Editor: César Antonio Ríos-Muñoz, México.

Xenodon angustirostris (Peters, 1864) is an opisthoglyphous, oviparous snakes, rare and poorly represented in biological collections. Myers and McDowell (2014) through a comprehensive revision of *Xenodon rabdocephalus* (Wied, 1824) (sensu lato) provided light on this cryptic species complex, proposing nomenclatural actions resurrecting *X. suspectus* and *X. angustirostris* from their synonymy with *X. rabdocephalus*. Hence, the historical geographic distribution of *X. rabdocephalus* was splitted and reduced, allocating the resurrected name of *X. angustirostris* to the populations of Central America and western Colombia (Myers & McDowell, 2014). Currently, the known range distribution in Colombia of *X. angustirostris* encompasses the departments of Antioquia, Caldas, Cauca, Chocó, Santander, Tolima, Valle del Cauca, at elevations between sea level and 1778 m (Fig. 1). Herein, we expanded the known range geographic distribution of *X. angustirostris* based on the finding of one male specimen from the western versant of the Serranía del Perijá in La Guajira department (Colombia).

On March 4th of 2023 at 08:10h (GTM-5), on the way to perform a speleological expedition to Los Santos Cave in the corregimiento of Corraleja, municipality of San Juan del Cesar, department of La Guajira, Colombia, we found one male specimen of *Xenodon* along the trail that borders the Capuchino River (xerophytic riverine forest) and takes from Corraleja settlement to Los Santos Cave (10.69997222° N, 72.82633333 W ° WGS84; 347 m a.s.l.; Fig.1). The specimen was collected, euthanized, and fixed following the procedures described by Pisani (1973). Hemipenial eversion procedures from fresh-euthanized specimen followed the procedures described by

Manzani and Abe (1988). Based on hemipenial morphology (Fig. 3), we identified it as *Xenodon angustirostris* by having a suitable matched with the diagnostic characters described by Myers and McDowell (2014), such as: Hemipenial lobes moderately divided (27.5%); sulcus spermaticus centrifugal and weakly grooved, each branch extending onto the tip of lobe; intersulcar area nude; apices of lobes nude lacking apical discs; hemipenial body with several medium size spines positioned laterally on each side. Besides, we provided a meristic and morphometric characters for further comparisons (Table 1). The specimen was deposited in the Colección Zoológica del Instituto Nacional de Salud (INSZ, Bogotá) and assigned the collection number INZ-281.

The specimen found was active, moving freely on the leaf litter and parallel to path, escaping from us likely. During capture, handling, and photography session the specimen displays antipredator behaviors such as locomotor scape, elevated body, crouching, dorsoventral neck compression, and cloaca discharge (= green pigmented excrement). However, passive deterrent displays were the most frequent antipredator behaviors exhibited (elevate body, crouching, dorsoventral neck compression). Particularly, during the photography session the specimen was extremely passive and docile, maintaining an elevation body posture with a feeble dorsoventral neck compression for about 20 minutes (Fig. 2A).

The new specimens of *X. angustirostris* from the corregimiento of Corraleja improve our knowledge of the morphological variation of the species and represent the most northeastern



Figura 1. Distribución geográfica de *Xenodon angustirostris* en el norte de Sudamérica. Los puntos rojos representan registros de distribución recuperados de las siguientes colecciones de reptiles: Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia (ICN-R); Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH-R); Museo Americano de Historia Natural (AMNH); Museo Nacional de Historia Natural del Instituto Smithsonian (NMNH). El punto rosa representa la localidad tipo del presunto holotipo según Myers y McDowell (2014). El punto amarillo representa el nuevo registro de localidad.

Figure 1. Geographical distribution of *Xenodon angustirostris* in northern South America. Red dots depict distribution records retrieved from the following reptile collections: Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia (ICN-R); Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH-R); American Museum of Natural History (AMNH); National Museum of Natural History of the Smithsonian Institute (NMNH). Pink dot depicts the type locality of the presumable holotype according to Myers and McDowell (2014). Yellow dot depicts the new locality record.

records known in Colombia, locating 1080 km (airline) northeast from the type-locality, and 548.4 km (airline) from nearest previous known record in Colombia. In addition, this locality expands our knowledge about its distribution and ecological habitats. Historically, the distribution records indicated that

X. angustirostris inhabits only in Colombian ecosystems such as the Chocoan rainforests and evergreen forest of the main trans-Andean rivers from the sea level to moderate elevations (~1,700 m; Fig. 1), depicting a geographic distribution restricted to Chocó-Magdalena province biogeographic unit proposed by

A



B



C

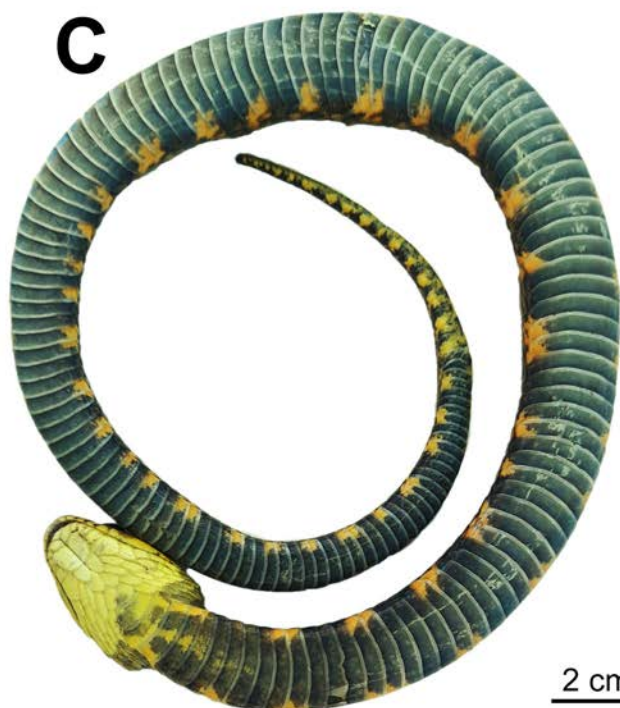


Figura 2. Nuevo registro de *Xenodon angustirostris*. (A) Color en vida del ejemplar de *X. angustirostris* manteniendo una postura corporal elevada. (B) Vista dorsal de un espécimen recientemente sacrificado. (C) Vista ventral de un espécimen recientemente sacrificado.

Figure 2. New record of *Xenodon angustirostris*. (A) Color in life of the specimen of *X. angustirostris* maintaining elevated body posture. (B) Dorsal view of recently euthanized specimen. (C) Ventral view of recently euthanized specimen.

Hernández-Camacho et al. (1992). The new record adds the tropical dry forest as new ecosystem and the xerophytic riverine forest as new habitat for the species. This new record provides

new evidence to feed the discussion about hypothetical biogeographic units stated by Hernández-Camacho et al. (1992) that Chocó-Magdalena province biogeographic unit extends

Tabla 1. Rasgos merísticos y morfométricos (mm) del nuevo registro de *Xenodon angustirostris*. Abreviaturas: longitud hocico-cloaca (SVL), longitud de la cola (TL) y longitud total (TTL).

Table 1. Meristic and morphometric (mm) traits of *Xenodon angustirostris* new record. Abbreviations: snout-vent length (SVL), tail length (TL), and total length (TTL).

Character	<i>Xenodon angustirostris</i> INS-S 281	Character	<i>Xenodon angustirostris</i> INS-S 281
SVL (mm)	340	Parietal scale width	5.24
LT (mm)	50	Frontal scale width	3.99
TTL (mm)	390	Prefrontal scale length	2.44
LT/SVL	15%	Prefrontal scale width	2.31
Ventral scales	139	Internasal scale height	2.01
Subcaudal scales	38 (tip broken)	Inter nasal scale height	2.41
Dorsal scale rows	21/21/17	Eye diameter	4.89
Supralabial scales	8/8	First temporal scale length	3.40
Infralabial scale	10/11	First temporal scale height	2.95
Preocular	1	Interorbital length	4.29
Loreal	2	Rostro-orbital length	5.01
Temporal formula	1+3	Naso-orbital length	3.30
Head length	3.76	Hemipene length	6th subcaudal scales
Head width	18.13	Vertebral insertion of the muscle retractor penis magus	23rd subcaudal scales
Parietal scale length	6.11		

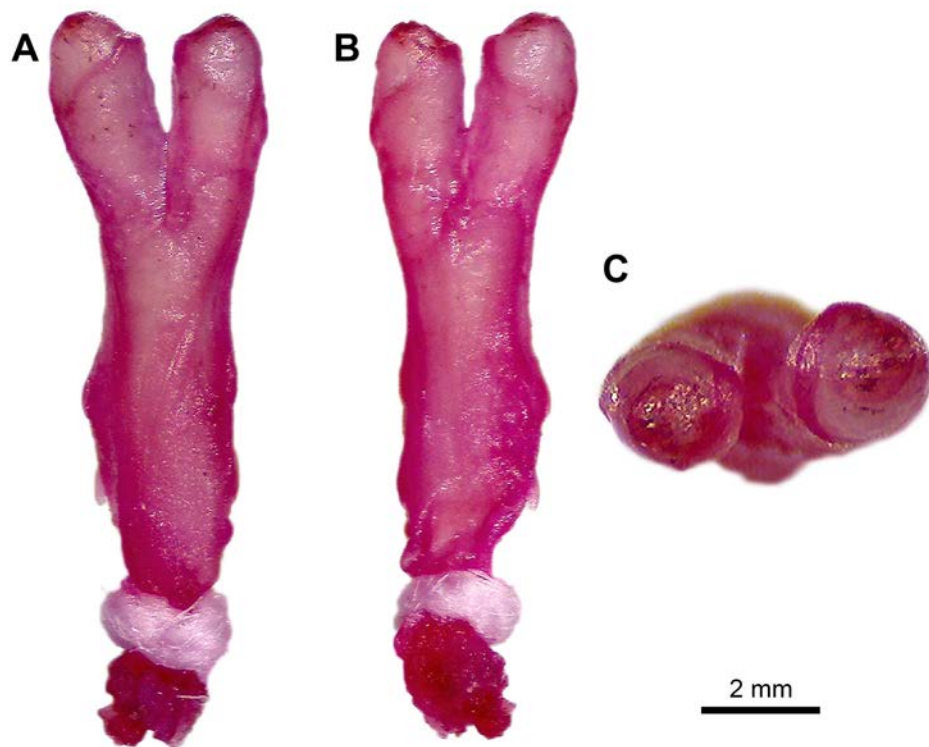


Figura 3. Arquitectura hemipenial de *Xenodon angustirostris*. (A) Vis sulcada. (B) Vista asulcada. (C) Vista cenital de la punta de los lóbulos del hemipene.

Figure 3. Hemipenial architecture of the *Xenodon angustirostris* new record. (A) Sulcate view. (B) Asulcate view. (C) Top view of the hemipenial lobes tip.

towards northern section of Cordillera Oriental over lowland of the Serranía del Perijá, crossing through Low Magdalena River Basin. Other authors propose a fragmented biogeographical regionalization in which Chocó, Magdalena, and Serranía del Perijá represent different centers of endemism (González-Orozco, 2021; Morrone, 2001), contrasting with other studies that suggest that Chocó-Magdalena province could be consider a full biogeographic unit (Angarita-Sierra & Lynch, 2017). A single new record does not explain the biogeographic history of continental Caribbean ecoregion, but this unexpected record remarks its evolutionary complexity. Further studies including a broad sampling and taxonomic revision of specimens housed in biological collections are needed to untangle these debates, as well as to clearly delimited the geographic distribution of *X. angustirostris* because its state of knowledge still extremely fragmentary.

Acknowledgements.– We thank the community of corregimiento Corraleja for their kindness and camaraderie, especially to Jorge Orozco Montero and Janer Fuentes who invited us and guided us in the exploration of the natural jewels of their territory. We thank Esteban Andrés Rodríguez Meléndez for his assistance during the photography session. Fieldwork was done under the scientific research non-commercial purpose permit of collection of wild specimens of biological diversity issued by the National University of Colombia (Research Project 58131), and the Colombian National Environmental Licensing Authority (ANLA) by resolution No. 0255 of 14 March 2014.

LITERATURE CITED

- Angarita-Sierra, T. & J.D. Lynch. 2017. A new species of *Ninia* (Serpentes: Dipsadidae) from Chocó-Magdalena biogeographical province, western Colombia. *Zootaxa* 4244:478-492.
- González-Orozco, C.E. 2021. Biogeographical regionalisation of Colombia: a revised area taxonomy. *Phytotaxa* 484:247-260.
- Hernández-Camacho, J., A. Hurtado-Guerra, R. Ortiz-Quijano & T. Walshburger. 1992. Unidades biogeográficas de Colombia. In Halffter, G. (Ed.), *La Diversidad Biológica de Iberoamerica I*. pp. 105-135. Instituto de Ecología A.C.
- Manzani, P. & A. Abe. 1988. Sobre dois novos metodos de preparado do hemipenes de serpentes. *Memórias Do Instituto Butantan* 50:15-20.
- Morrone, J.J. 2001. Toward a cladistic model for the caribbean subregion: delimitation of areas of endemism. *Caldasia* 23:43-76.
- Myers, C.W. & S.B. McDowell. 2014. New taxa and cryptic species of Neotropical snakes (Xenodontinae), with commentary on hemipenes as generic and specific characters. *American Museum Novitates* 385:1-112.
- Peters, W. 1864. Über einige neue Säugethiere (*Mormops*, *Macrotus*, *Vesperus*, *Molossus*, *Capromys*), Amphibien (*Plathydactylus*, *Otocryptis*, *Euprepes*, *Ungalia*, *Dromicus*, *Tropidonotus*, *Xenodon*, *Hylodes*), und Fische (*Sillago*, *Sebastes*, *Channa*, *Myctophum*, *Carassius*, *Barbus*, *Capoeta*, *Poecilia*, *Saurenhelys*, *Leptocephalus*). *Monatsberichte der Königlichen Preussische Akademie des Wissenschaften zu Berlin* 1864:1856-1881. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/109317>
- Pisani, G.R. 1973. Guide to Preservation Techniques for Reptiles and Amphibians. *Herpetological Circular No. 1*. Society for the Study of Amphibians and Reptiles. <https://kuscholarworks.ku.edu/handle/1808/32331>
- Wied, M.P.Z. 1824. Verzeichniss der amphibien, welche im zweyten bande der naturgeschichte Brasiliens vom Prinz Max von Neuwied werden beschrieben werden. *Isis von Oken* 14:661-673.



DINÁMICA ESPACIAL DE REPTILES EN CUATRO COBERTURAS DE VEGETACIÓN DEL MUNICIPIO SANTIAGO NONUALCO, LA PAZ, EL SALVADOR

SPATIAL DYNAMICS OF REPTILES IN FOUR VEGETATION COVERS OF THE MUNICIPALITY OF SANTIAGO NONUALCO, LA PAZ, EL SALVADOR

José Nicolás Pérez-García¹

1Maestría Académica en Manejo de Recursos Naturales con énfasis en Biodiversidad, Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica. <https://orcid.org/0000-0003-4172-290X>

**Correspondence: perezjose2493@gmail.com*

Received: 2023-03-24. **Accepted:** 2023-06-19. **Published:** 2023-07-17.

Editor: Nicolás Pelegrin, Brasil.

Resumen.— Los reptiles son parte importante de la biodiversidad, pero sus poblaciones se han visto afectadas por el cambio climático, especies invasoras y mayormente por la pérdida y fragmentación de los hábitats. El estudio de estas especies en distintos hábitats permite ampliar el conocimiento sobre el estado de conservación, las respuestas frente a las amenazas y la dinámica espacial de las comunidades. El objetivo de este estudio fue estimar la riqueza, abundancia, composición y recambio de reptiles en cuatro hábitats contrastantes: bosque caducifolio, bosque semideciduo, bosque ripario y cercas vivas del municipio de Santiago Nonualco, El Salvador, y estimar el efecto de algunas variables ambientales. Entre los meses de marzo y agosto de 2021 se realizaron dos visitas por mes, con un esfuerzo de muestreo total de 768 horas/hombre. En cada hábitat se establecieron ocho puntos de muestreo y en cada uno, un transecto permanente de 100x4 m, y en cada uno se aplicó la técnica de Inspección por Encuentro Visual. Se registraron 747 individuos pertenecientes a 28 especies. El grupo mejor representado y más abundante fue el de las lagartijas, mientras que de varias serpientes y tortugas sólo registré un individuo. El hábitat con mayor riqueza y abundancia de especies fue el bosque ripario, por el contrario, las cercas vivas presentaron los valores más bajos de abundancia y de riqueza. También este último hábitat fue el que contribuyó a una mayor diferencia o recambio de especies. La humedad relativa y profundidad de hojarasca fueron las variables que aportaron mayor variación a la comunidad de reptiles. La composición, riqueza y abundancia de reptiles cambia entre los distintos hábitats, con una ligera tendencia a que estos reptiles prefieren ecosistemas con una cobertura vegetal más compleja y con menor intervención antropogénica.

Palabras clave.— Agropaisaje, composición, distribución, diversidad, herpetofauna.

Abstract.— Reptiles are an important part of biodiversity, but their populations have been affected by climate change, invasive species and mainly by the loss and fragmentation of habitats. The study of these species in different habitats allows us to broaden the knowledge of their conservation status, responses to threats and the spatial dynamics of communities. The objective of this study was to estimate the richness, abundance, composition, and turnover of reptiles in four contrasting habitats: deciduous forest, semi-deciduous forest, riparian forest, and live fences in the municipality of Santiago Nonualco, El Salvador, and to estimate the effect of some environmental variables. Between March and August 2021, two visits were made per month, with a total sampling effort of 768 hours/man. In each habitat, eight sampling points were established and in each one, a permanent transect of 100x4 m, and Visual Encounter Inspection technique was applied to each transect. 747 individuals belonging to 28 species were recorded. The best represented and most abundant group was lizards, while several snakes and turtles only registered one individual. The habitat with the highest richness and abundance of species was the riparian forest, on the contrary, live fences presented the lowest

values of abundance and richness. This last habitat was also the one that contributed more to a greater difference or turnover of species. Relative humidity and litter depth were the variables that contributed the greatest variation to the reptile community. The composition, richness, and abundance of reptiles change between different habitats, with a slight tendency for these reptiles to prefer ecosystems with a more complex vegetation cover and less anthropogenic intervention.

Keywords.— Agro-landscape, composition, distribution, diversity, herpetofauna.

INTRODUCCIÓN

Los reptiles constituyen una pieza fundamental de la biodiversidad, la cual es el resultado de procesos ecológicos e históricos (Pincheira-Donoso et al., 2013). El patrón de biodiversidad más estudiado se refiere a cómo los atributos comunitarios de composición, abundancia y riqueza de especies cambian entre los distintos ecosistemas (Rabosky et al., 2019). Una manera de abordar este patrón y para emprender acciones de conservación es dividir a la biodiversidad en los componentes alfa, beta y gamma (Núñez et al., 2022).

A nivel mundial se conocen 11 690 especies de reptiles (IUCN, 2021), pero el 21 % está amenazado de extinción (Cox et al., 2022). Las principales amenazas para estas especies son el cambio climático, las enfermedades emergentes, las especies invasoras, y principalmente la pérdida y degradación de los hábitats (Böhm et al., 2013; Vargas-Salinas & Aponte-Gutiérrez, 2017; Marshall et al., 2020). No obstante, en El Salvador y particularmente en el departamento de La Paz, los estudios e información sobre reptiles y su dinámica espacial aún es limitada. Debido a que la vegetación original de esta región ha sido reducida a fragmentos boscosos (Henríquez et al., 2021), es importante estudiar este grupo de vertebrado en distintos hábitats con el fin de ampliar el conocimiento sobre su ecología y su respuesta a la degradación ambiental (Carvajal-Cogollo & Urbina-Cardona, 2008). Situación que se manifiesta desde cambios de los patrones de riqueza y abundancia de especies y limitaciones en la dispersión de las poblaciones hasta extinciones locales por modificaciones en el microclima. Otras especies en cambio parecen subsistir pese a condiciones desfavorables (Cartín, 2021).

En El Salvador, la mayoría de los trabajos recientes sobre reptiles se han realizado en las montañas de la zona noroccidente y se han enfocado en la amplitud de rangos de distribución, tales como los nuevos registros de *Scincella cherriei* (Valdenegro-Brito et al., 2020), y *Scincella incerta* (Henríquez et al., 2021). Así mismo, para el Parque Nacional Montecristo se sumaron una nueva especie de lagartija, dos tortugas y ocho de serpientes (Juárez-Peña et al., 2016). Por otro lado, a nivel del neotrópico, algunos estudios de diversidad de reptiles se han realizado en

diferentes hábitats, en donde la mayor riqueza y abundancia de especie ha estado relacionada con hábitats mejores conservados o de mayor complejidad estructural (Medina-Rangel, 2011; Tenorio-Mendoza et al., 2019).

Para El Salvador resulta imprescindible realizar estudios de las comunidades de reptiles en distintas unidades del paisaje tomando en cuenta hábitats con presiones antrópicas con el fin de formular recomendaciones para la conservación de taxones amenazados y para el monitoreo de la biodiversidad a distintas escalas (Carvajal-Cogollo & Urbina-Cardona, 2008). A pesar de que son fundamentales en la dinámica interna de los ecosistemas y brindan servicios ambientales, varias especies de reptiles son asesinadas por el ser humano, debido a la falta de conocimiento y por el temor del peligro que pueden representar (Flórez & Barona, 2016). Además, son el grupo menos abordado y no gozan de alta simpatía como las aves y mamíferos (Cartín, 2021).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la riqueza, la composición, la abundancia, la diversidad y el recambio de reptiles en cuatro hábitats: Bosque caducifolio, bosque semideciduo, bosque ripario y cercas vivas. De manera complementaria, se estimó la asociación de las especies respecto a la temperatura ambiental, la humedad relativa, el dosel, la intensidad lumínica, la profundidad de hojarasca y la altitud en el municipio de Santiago Nonualco, El Salvador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El trabajo de campo se realizó al noroeste de la zona urbana del municipio de Santiago Nonualco, departamento de La Paz (13.5367° N, 88.9502° W; WGS 84; Fig. 1), entre 140 y 460 m s.n.m. El lugar forma parte de la zona de vida de bosque húmedo subtropical (Carbajal et al., 2009). El clima es cálido, con temperaturas medias de 27 °C. Se distinguen dos épocas climáticas, la lluviosa (mayo-octubre) y la seca (noviembre-abril). Las precipitaciones promedio son de 1960 mm y la humedad

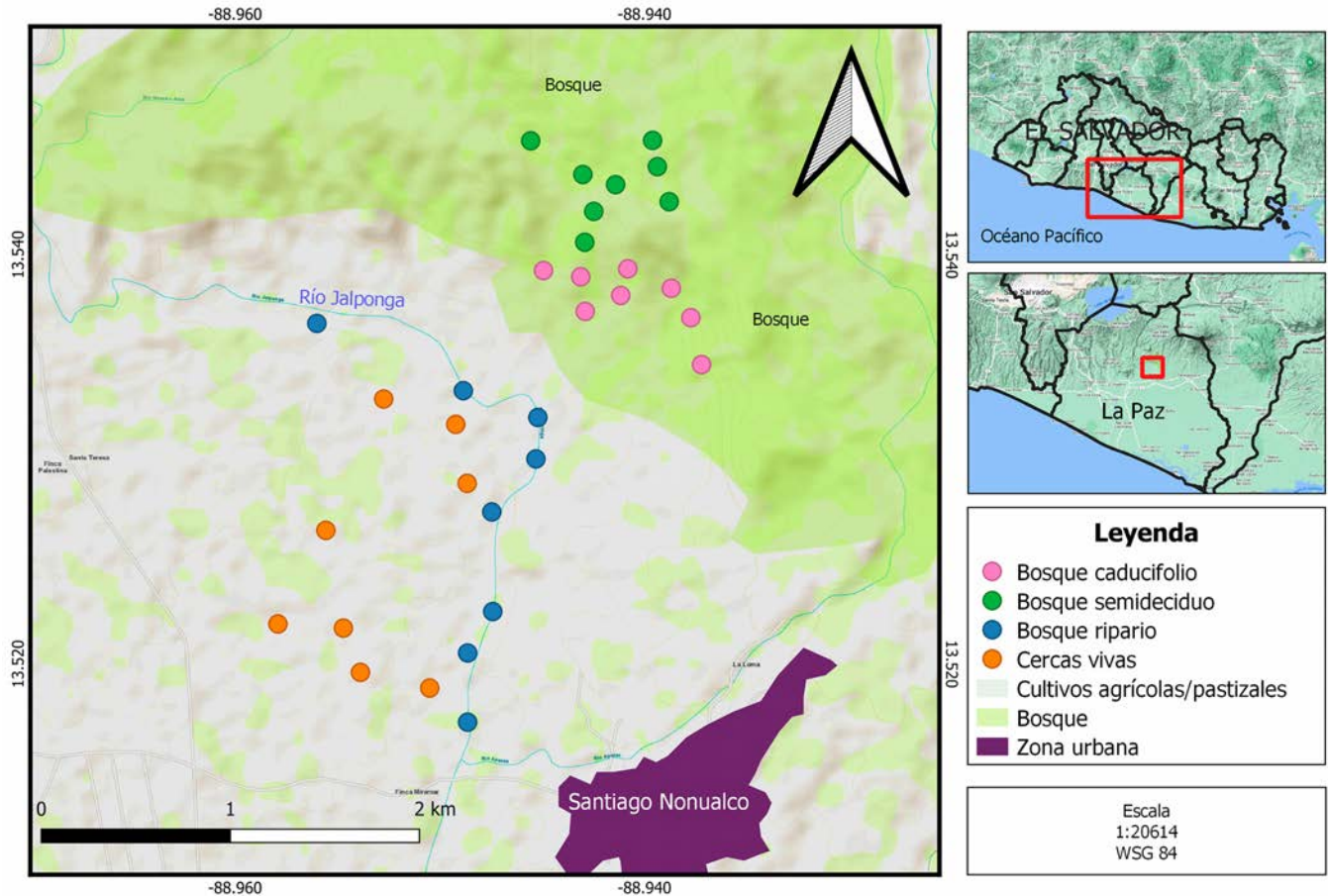


Figure 1. Geographical location of the sampling points where the transects were established to collect reptile's data. Santiago Nonualco, El Salvador.

Figura 1. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo donde se establecieron los transectos para la toma de datos de reptiles. Santiago Nonualco, El Salvador.

relativa del 74% (Cuéllar, 2006; Carbajal et al., 2009). El uso de suelo está dominado por cultivos, pastizales y viviendas rurales, donde se encuentran fragmentos de bosque seco y semidecduo en la parte media y alta de las montañas, y bosque de ribera en los cursos de agua perennes. Entre las principales amenazas para la vegetación y fauna asociada están la ampliación de áreas destinadas a cultivos y pastizales, la quema de cañales y rastrojos, la contaminación del suelo y del agua por uso de agroquímicos y desechos sólidos y la tala de árboles para obtener madera y leña.

Zonas de muestreo

Se definieron cuatro tipos de hábitats: bosque caducifolio (BC), bosque semidecduo (BS), bosque ripario (BR) y cercas vivas (CV) (Apéndice 1). El BC comprendió porciones de este tipo de bosque ubicados al pie y parte media de las montañas (150-250 m s.n.m.). Las especies de árboles comunes son *Lysiloma divaricatum*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Tabebuia chrysanthia*, *Bursera simaruba*,

entre otros. El BS se ubica en la cima de las montañas (250-460 m s.n.m.) y los árboles pueden sobrepasar los 20 m de altura, siendo común encontrar *Brosimum alicastrum*, *Calophyllum brasiliense*, *Sideroxylon capiri*, *Artocarpus altalis*, entre otros. El BR comprendió la vegetación que se ubica en los márgenes del río Jalponga (140-161 m s.n.m.).

Algunos árboles comunes son *Ficus* spp, *Ceiba pentandra* e *Inga vera*, en algunas partes *Bactris major* es abundante. Las CV incluyen vegetación dominada por *Cordia alba*, *Bursera simaruba* y *Jatropha curcas* que sirven de límite entre parcelas de cultivos agrícolas como *Zea mays*, *Oryza sativa*, *Saccharum officinarum* y *Manihot esculenta*, y pastizales (150-160 m s.n.m.). El manejo de las cercas vivas usualmente consiste en la poda para evitar la sombra sobre los cultivos y obtención de madera para uso doméstico.

Muestreo

Entre marzo y agosto de 2021 se realizaron dos visitas por mes para un total de 12 visitas al campo con duración de cuatro días cada una. En cada hábitat se establecieron al azar ocho puntos de muestreos (Fig. 1). Como método de muestreo en cada punto se utilizó un transecto permanente de 100 m de largo por 4 m de ancho para un total de 32 transectos, la distancia mínima entre cada unidad de muestreo fue de 100 m. En cada día se muestrearon cuatro transectos de dos hábitats, para un total de ocho transectos por día; el orden de muestreo de cada uno fue al azar, por lo que fue diferente en cada visita. El muestreo de los transectos fue realizado por dos investigadores por medio de la técnica de Inspección por Encuentro Visual (Heyer et al., 2001; Doan, 2016), y consistió en recorridos durante aproximadamente una hora buscando a los reptiles en los microhábitats que usualmente frecuentan dentro de los límites de los transectos, en un horario de 8:00 a 13:00 h y de 15:00 a 20:00 h, para un esfuerzo diario de 16 horas/hombre, 64 horas/hombre en cada visita y 768 horas/hombre durante todo el estudio.

En cada transecto se midió la temperatura ambiental y humedad relativa con un termohigrómetro digital, la intensidad lumínica con un luxómetro digital y mensualmente se midió el porcentaje del dosel con un densiómetro esférico convexo y la profundidad de hojarasca con una regla de 30 cm. Estas mediciones se tomaron tres veces: al inicio, en medio y al final de cada transecto, con diferencia de 30 minutos entre cada una, se tomó el valor promedio de las tres mediciones; además, se consideró la altitud de cada transecto. Todos los individuos fueron identificados en el campo con base en Köhler et al. (2006), Guerra et al. (2012) y McCranie & Köhler (2015). Los nombres científicos se basaron en las actualizaciones taxonómicas según MARN (2018) y Uetz & Hallermann (2022).

Análisis de datos

Riqueza y composición general. Para obtener una aproximación del número de especies de los hábitats en conjunto, se construyeron curvas de acumulación de especies a partir de la riqueza registrada y calculada con estimadores de riqueza no paramétricos de Jack 1 y Bootstrap (Magurran, 2004), en el paquete Vegan 2.5.7 (Oksanen et al., 2020). Según lo realizado por Urbina-Cardona et al. (2008), se tomó como máximo valor (100 %) a la riqueza total calculada y con ello se determinó la representatividad de la riqueza de todo el estudio.

Diversidad alfa. La diversidad al interior de cada hábitat o diversidad alfa, se estimó por medio de la riqueza específica, la abundancia, la composición y la diversidad. La riqueza específica se evaluó a través de estimadores no paramétricos de Chao 1 e ICE

en el paquete Vegan 2.5.7 (Oksanen et al., 2020). Para analizar la abundancia y la composición se realizaron curvas de rango-abundancia en el paquete BiodiversityR 2.12.3 (Kindt, 2020), las cuales ordenan a las especies de mayor a menor abundancia, por lo cual se sintetiza información sobre la abundancia, equidad e identidad de las especies (Feinsinger, 2003; Rengifo et al., 2019).

Para evaluar y observar gráficamente las similitudes en la composición entre hábitats se realizó un escalamiento multidimensional no-métrico (nMDS) (Palacio et al., 2020). Para detectar diferencias en la composición y corroborar si las agrupaciones observadas en el nMDS fueron significativas se realizó un análisis de similitud (ANOSIM) de una vía (Kindt & Coe, 2005). Además, se realizó un análisis de porcentaje de similitud (SIMPER) para determinar la disimilitud de composición entre hábitats y la contribución de las especies a tales diferencias. Estos análisis se procesaron en Vegan 2.5.7 (Oksanen et al., 2020), y se basaron en el índice de disimilitud de Bray-Curtis con permutaciones de 9999. Dadas las comparaciones múltiples del ANOSIM y con el fin de disminuir la probabilidad de cometer el error de tipo I, los valores de *P* resultantes en dicha prueba fueron sometidos a corrección de Bonferroni en el paquete Stats 4.0.3 (R Core Team, 2020). Se utilizó como medida de diversidad el índice de Shannon (*H'*) y los valores se compararon mediante pruebas de *t* de Hutcheson en el paquete ecolTest 4.0.4 (Salinas & Ramírez-Delgado, 2021). Cuando los valores de este índice son inferiores a 2 indica baja diversidad, de 2 a 3.5 diversidad media, y superiores a 3.5 alta diversidad (Medrano-Meraz et al., 2017).

Diversidad beta. Para determinar el grado de similitud entre hábitats se utilizó el índice de Sorensen, el cual fue obtenido por medio del paquete fossil 0.4.0 (Vavrek, 2020). Cuando los valores de este índice son cercanos a cero indican baja similitud y cercanos a uno indican alta similitud entre las unidades que se comparan. Adicionalmente, se utilizó el índice de complementariedad para determinar el grado de recambio de especies entre los distintos hábitats, valores cercanos a cero indican sitios idénticos y cercanos a uno sitios diferentes.

Variables ambientales. Finalmente, para estimar las respuestas de los reptiles a las variables ambientales se realizó un análisis de redundancia (RDA; Borcard et al., 2011), en el paquete Vegan 2.5.7 (Oksanen et al., 2020). Debido a que los métodos multivariados son sensibles a la rareza de las especies, sólo se tomaron en cuenta las que presentaron abundancia superior a dos individuos (Ríos-Rodas et al., 2020). El análisis partió de una matriz comunitaria y ambiental, con su estandarización por medio del método de Hellinger y standardize respectivamente. Para descartar o mantener variables interrelacionadas, se tomó

como criterio el factor de inflación de la varianza (VIF) y se seleccionaron aquellas con un VIF < 10 (Duarte-Núñez et al., 2020). El cálculo de la significancia estadística fue por medio del análisis de varianza (ANOVA) con permutaciones de 9999 (Chergui et al., 2020). Todos los análisis de datos se realizaron en R 4.0.3 (R Core Team, 2020), y las pruebas tuvieron un nivel de significancia de 0.05.

RESULTADOS

Riqueza y composición general

En todo el estudio se registraron 747 individuos de reptiles agrupados en 15 familias y 28 especies (Tabla 1, Apéndice 2). Del total de individuos, 97.46 % fueron lagartijas, 2 % serpientes y 0.54 % tortugas. La familia de lagartijas mejor representada fue Dactyloidae (238 individuos, tres especies), mientras que en serpientes la familia Colubridae presentó la mayor riqueza (seis especies). Se detectó que la lagartija espinosa (*Sceloporus squamosus*) obtuvo la mayor ocurrencia de individuos, por el contrario, las especies *Drymarchon melanurus*, *Drymobius margaritiferus*, *Oxybelis koehleri*, *Leptophis mexicanus*, *Trimorphodon quadruplex*, *Leptodeira nigrofasciata*, *Leptodymus pulcherrimus*, *Stenorrhina freminvillei*, *Epictia phenops* y *Rhinoclemmys pulcherrima* sólo fueron observadas una vez durante el período de estudio (un individuo de cada especie).

Las curvas de acumulación de especies no llegaron a una asíntota. Los estimadores de riqueza no paramétricos mostraron un patrón de aumento similar respecto a la riqueza registrada de reptiles durante los muestreos (Fig. 2). Jack 1 y Bootstrap calcularon una riqueza de 41 y 33 especies, respectivamente, lo cual determina que la representatividad del muestreo osciló entre el 68 y 82%.

Diversidad alfa: por cada hábitat

Riqueza específica. Al comparar la riqueza entre los hábitats, en el BR se registró el mayor número de especies y, por el contrario, en las CV se contabilizaron menos especies. De acuerdo con los estimadores de riqueza, la representatividad de los muestreos osciló entre el 52 y 83% (Tabla 2), lo cual sugiere que todavía es posible encontrar más especies de reptiles en los hábitats estudiados. Para el BC faltarían registrar 4-10 especies, en el BS 3-9 especies, en el BR 3-6 especies y en CV 3-4 especies.

Abundancia y composición. Las curvas rango-abundancia mostraron un patrón similar en los cuatro hábitats respecto a la distribución de las especies dominantes y raras (Fig. 3). La

primera posición en el BC estuvo ocupada por *S. squamosus*, en el BS por *Anolis macrophallus*, en el BR le correspondió a *Basiliscus vittatus* y en CV a *Aspidoscelis deppii*. La alta abundancia registrada para *Hemidactylus frenatus* le permitió ocupar las primeras posiciones en todos los hábitats. La mayor parte de especies que se ubicaron en los últimos rangos pertenecen al grupo de las serpientes.

El análisis nMDS mostró que la composición de especies tiende a ser diferente entre los cuatro hábitats (Fig. 4). Los resultados de la prueba ANOSIM también sugieren que la composición de los reptiles de los hábitats fue estadísticamente diferente (Prueba general, $R = 0.92$, $P < 0.05$), así como todas las comparaciones entre los pares de hábitats (Valores de corrección de Bonferroni, $P < 0.05$, Apéndice 3). En las comparaciones por medio del SIMPER, se encontró que cercas vivas fue el hábitat que más influyó en la disimilitud de la composición. De tal manera que la diferencia entre CV y BS fue del 90.99% y las especies que más aportaron a esa diferencia fueron *A. macrophallus* y *A. deppii* (SIMPER, 19.98% y 18.94% respectivamente). Entre CV y BC se encontró una diferencia del 86.75%, *S. squamosus* junto con *A. deppii* (SIMPER, 24.44% y 18.79%) fueron las que más contribuyeron a la disimilitud. En CV y BR se registró 84.71% de diferencia, los mayores aportes provinieron de *B. vittatus* y *A. deppii* (SIMPER, 29.12% y 21.05%; Apéndice 3).

Diversidad. El índice de Shannon indicó que la diversidad de reptiles registrada en todos los hábitats fue baja (BS, $H' = 1.77$; BC, $H' = 1.62$; BR, $H' = 1.52$; CV, $H' = 1.25$). Se detectó que hubo diferencias significativas en los valores de Shannon entre BC y BR ($t = 3.83$, g.l. = 345.66, $P < 0.05$, entre BS y BR ($t = 2.02$, g.l. = 284.57, $P = 0.02$), entre BS y CV ($t = 5.46$, g.l. = 349.78, $P < 0.05$) y entre BR y CV ($t = 2.08$, g.l. = 283.83, $P = 0.01$).

Riqueza-abundancia por grupos. Las lagartijas fue el grupo mejor representado en los cuatro hábitats tanto en riqueza como en abundancia (Figs. 5 y 6). El grupo de las serpientes también estuvo presente en todos los hábitats, pero en menor abundancia; en cambio, las tortugas sólo se registraron en el BR.

Diversidad beta: diversidad entre hábitats

Se evidenció que los hábitats no comparten todas sus especies. El mayor número de especies en común ocurrió entre el BS y el BR. De acuerdo con los valores de Sorensen, el BR y las CV son los hábitats más similares. Por el contrario, y de acuerdo con el índice de complementariedad, el mayor recambio (disimilitud) de especies ocurrió entre el BS y las CV (Tabla 3).

Table 1. Taxon composition and total abundance of reptiles recorded in the study area. The species code is used for reference in Figure 3.**Tabla 1.** Composición taxonómica y abundancia total de los reptiles registrados en el área de estudio. El código de la especie sirve como referencia en la Figura 3.

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Abundancia
Squamata (Suborden Lacertilia)	Corytophanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	Pasa ríos	102
	Dactyloidae	<i>Anolis macrophallus</i>	Bebeleche de bosque	73
		<i>Anolis serranoi</i>	Bebeleche serrano	89
		<i>Anolis wellbornae</i>	Bebeleche común	76
	Gekkonidae	<i>Hemidactylus frenatus</i>	Gecko besucón	86
	Iguanidae	<i>Ctenosaura similis</i>	Garrobo	33
		<i>Iguana iguana</i>	Iguana verde	2
	Scincidae	<i>Scincella assata</i>	Eslizón centroamericano	2
		<i>Marisora brachypoda</i>	Mabuya centroamericana	11
	Phrynosomatidae	<i>Sceloporus squamosus</i>	Lagartija espinosa	104
	Phyllodactylidae	<i>Phyllodactylus tuberculosus</i>	Salamanquesa vientre amarillo	2
	Sphaerodactylidae	<i>Gonatodes albogularis</i>	Cantil	4
	Teiidae	<i>Aspidozelis deppii</i>	Corredor rayado	84
		<i>Holcosus undulatus</i>	Lagartija pintada	60
Squamata (Suborden Serpentes)	Boidae	<i>Boa imperator</i>	Masacuata	2
	Colubridae	<i>Drymarchon melanurus</i>	Zumbadora de pestañas	1
		<i>Drymobius margaritiferus</i>	Petatilla	1
		<i>Oxybelis koehleri</i>	Bejuquilla café	1
		<i>Leptophis mexicanus</i>	Culebra perico mexicana	1
		<i>Stenorrhina freminvillei</i>	Culebra alacranera	1
		<i>Trimorphodon quadruplex</i>	Serpiente lira	1
	Dipsadidae	<i>Coniophanes piceivittis</i>	Cotina	2
		<i>Leptodeira nigrofasciata</i>	Falso coral negro	1
		<i>Leptodeira rhombifera</i>	Serpiente ojigata	2
		<i>Leptodymus pulcherrimus</i>	Bejuquilla de cabeza verde	1
	Leptotyphlopidae	<i>Epictia phenops</i>	Culebrita ciega	1
Testudines	Geoemydidae	<i>Rhinoclemmys pulcherrima</i>	Tortuga pintada	1
	Kinosternidae	<i>Kinosternon scorpioides</i>	Tortuga candado	3

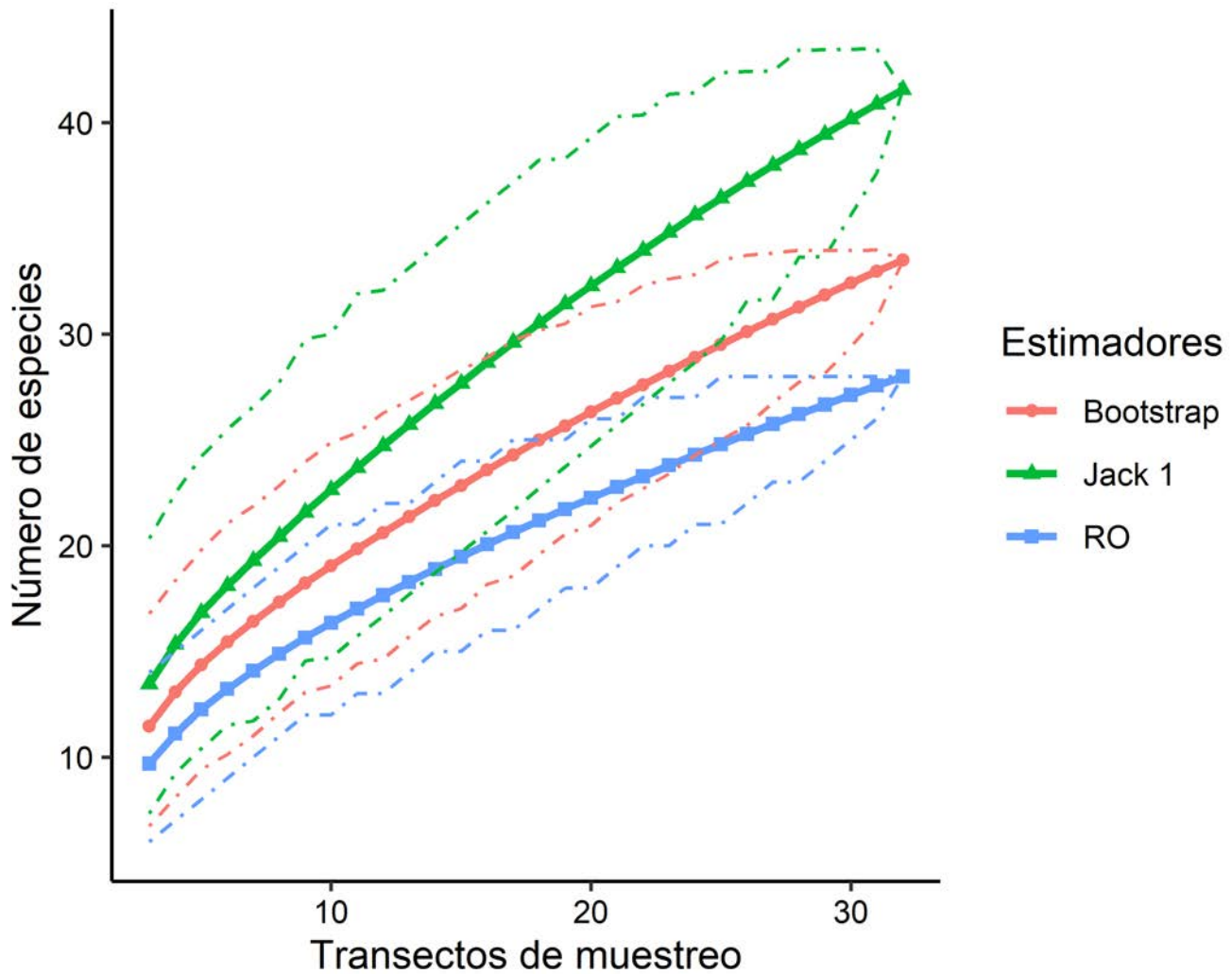


Figure 2. Curves of species accumulation with 95% confidence intervals (delimited by dotted lines) for richness recorded (RO) and richness estimated with nonparametric estimators.

Figura 2. Curvas de acumulación de especies con intervalos de confianza del 95% (delimitados por líneas discontinuas) para la riqueza observada (RO) y riqueza estimada con estimadores no paramétricos.

Variables ambientales

El análisis RDA explicó el 63.83 % de la variación de la abundancia de los reptiles (Fig. 7). El modelo obtenido, así como todas las variables incluidas fueron significativas (ANOVA, $P < 0.05$). El orden de importancia de las variables según su varianza fue: primero la humedad relativa, luego la temperatura ambiental, la profundidad de la hojarasca, la luminosidad, el dosel y finalmente la altitud. Especies como *A. deppii*, *H. undulatus* y *C. similis* se asociaron mayormente a la temperatura ambiente y a la luminosidad, en cambio *A. macrophallus* y *A. serranoi* a sitios ligeramente elevados con cierta profundidad

de hojarasca. Además, este mismo análisis permite visualizar que las condiciones ambientales entre tipos de hábitats son diferentes, lo cual estaría en concordancia con las diferencias de composición de especies observadas en el análisis nMDS y las similitudes según el índice de Sorensen.

DISCUSIÓN

Esta investigación constituye uno de los primeros aportes sobre reptiles del municipio de Santiago Nonualco, El Salvador. La riqueza acumulada entre los cuatro hábitats estudiados representa casi un tercio (27.18 %) de la fauna de reptiles de El

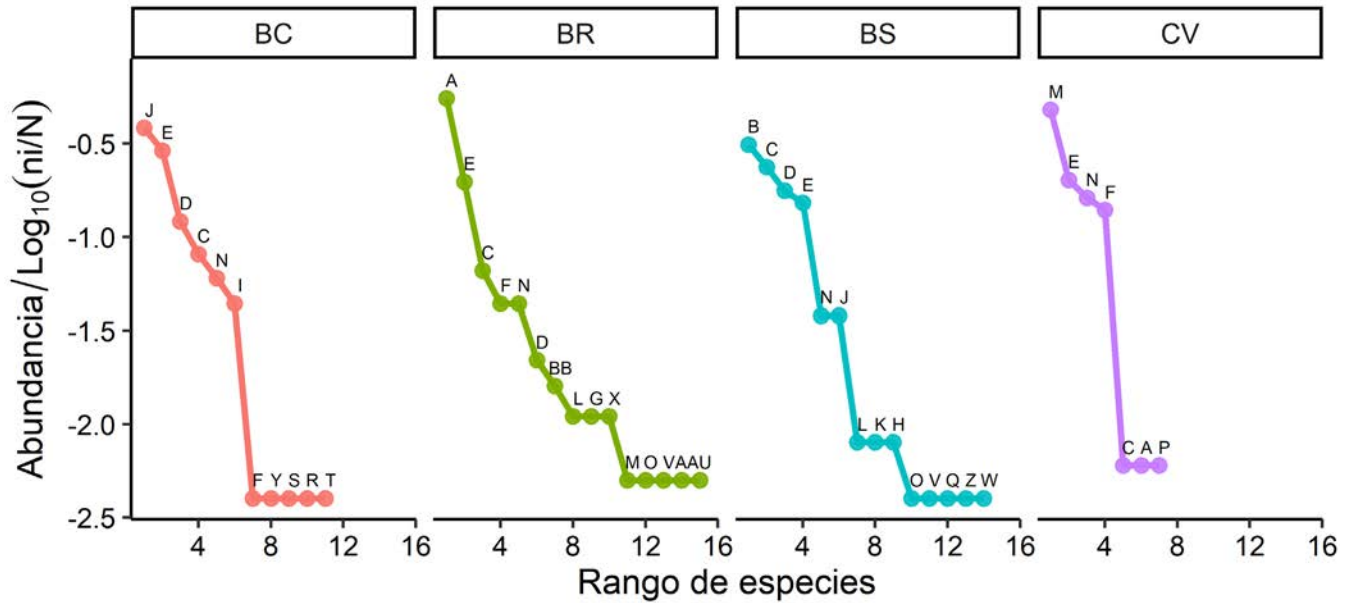


Figure 3. Rank-abundance curves for reptiles recorded in four sampling habitats. See Table 1 for code of the species. BC: Deciduous forest, BS: Semideciduous forest, BR: Riparian forest, CV: Live fences. *Basiliscus vittatus* (A), *Anolis macrophallus* (B), *Anolis serranoi* (C), *Anolis wellbornae* (D), *Hemidactylus frenatus* (E), *Ctenosaura similis* (F), *Iguana iguana* (G), *Scincella assata* (H), *Marisora brachypoda* (I), *Sceloporus squamosus* (J), *Phyllodactylus tuberculosus* (K), *Gonatodes albogularis* (L), *Aspidoscelis deppii* (M), *Holcosus undulatus* (N), *Boa imperator* (O), *Drymarchon melanurus* (P), *Drymobius margaritiferus* (Q), *Oxybelis koehleri* (R), *Leptophis mexicanus* (S), *Stenorrhina freminvillei* (T), *Trimorphodon quadruplex* (U), *Coniophanes piceivittis* (V), *Leptodeira nigrofasciata* (W), *Leptodeira rhombifera* (X), *Leptodrymus pulcherrimus* (Y), *Epictia phenops* (Z), *Rhinoclemmys pulcherrima* (AA), *Kinosternon scorpioides* (BB).

Figura 3. Curvas de rango-abundancia para los reptiles registrados en los cuatro hábitats de muestreo. El código de las especies se encuentra en la Tabla 1. BC: Bosque caducifolio, BS: Bosque semideciduo, BR: Bosque ripario, CV: Cercas vivas. *Basiliscus vittatus* (A), *Anolis macrophallus* (B), *Anolis serranoi* (C), *Anolis wellbornae* (D), *Hemidactylus frenatus* (E), *Ctenosaura similis* (F), *Iguana iguana* (G), *Scincella assata* (H), *Marisora brachypoda* (I), *Sceloporus squamosus* (J), *Phyllodactylus tuberculosus* (K), *Gonatodes albogularis* (L), *Aspidoscelis deppii* (M), *Holcosus undulatus* (N), *Boa imperator* (O), *Drymarchon melanurus* (P), *Drymobius margaritiferus* (Q), *Oxybelis koehleri* (R), *Leptophis mexicanus* (S), *Stenorrhina freminvillei* (T), *Trimorphodon quadruplex* (U), *Coniophanes piceivittis* (V), *Leptodeira nigrofasciata* (W), *Leptodeira rhombifera* (X), *Leptodrymus pulcherrimus* (Y), *Epictia phenops* (Z), *Rhinoclemmys pulcherrima* (AA), *Kinosternon scorpioides* (BB).

Table 2. Abundance, observed richness, estimated and completeness of the sampling of habitats. BC: Deciduous forest, BS: Semideciduous forest, BR: Riparian forest, CV: Live fences.

Tabla 2. Abundancia, riqueza observada, estimada y representatividad del muestreo de los hábitats. BC: Bosque caducifolio, BS: Bosque semideciduo, BR: Bosque ripario, CV: Cercas vivas.

	BC	BS	BR	CV
Abundancia	205	222	168	152
Especies observadas	11	14	15	7
Especies esperadas: Chao 1	21	17	18	10
Especies esperadas: ICE	15	23	21	11
Representatividad	52 - 73 %	61 - 82 %	71 - 83 %	64 - 70 %

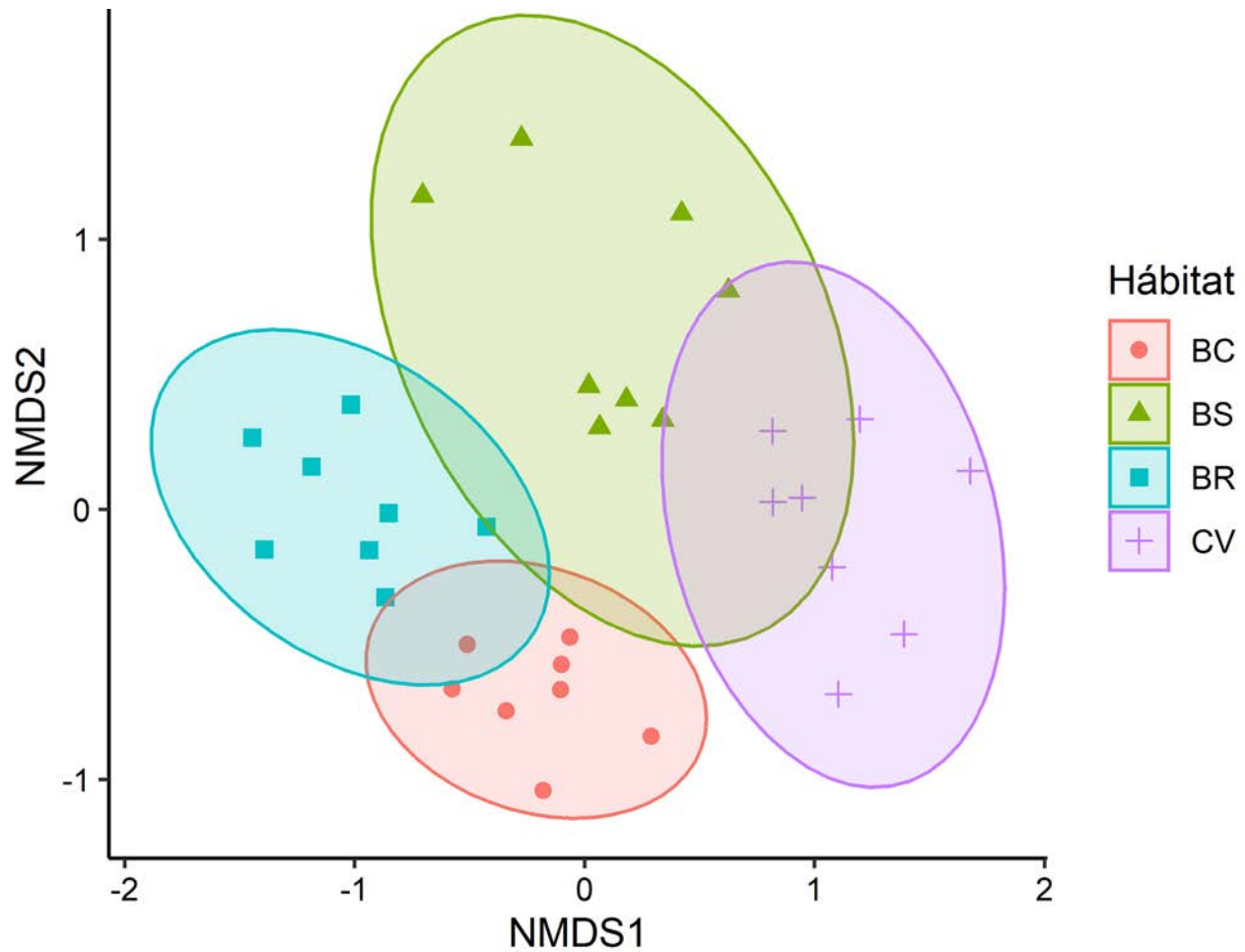


Figure 4. Nonmetric multidimensional scaling plot (nMDS) for the reptiles recorded in each transect according to the type of habitat (Stress: 0.16). BC: Deciduous forest, BS: Semideciduous forest, BR: Riparian forest, CV: Live fences.

Figura 4. Gráfico del escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) para los reptiles registrados en cada transecto según el tipo de hábitat (Stress: 0.16). BC: Bosque caducifolio, BS: Bosque semideciduo, BR: Bosque ripario, CV: Cercas vivas.

Salvador y es considerablemente mayor a lo reportado en otros ambientes del país: 19 especies en el bosque secundario y bosque seco sobre lava volcánica del complejo San Marcelino, Sonsonate (Pineda et al., 2016); 18 especies en bosque de pino-roble, bosque ripario, matorrales y pantano arbustivo del área natural La Montañona, Chalatenango (Morán, 2014); 17 especies en el bosque de manglar, bosque ripario y bosque seco del Complejo Los Cóbano, Sonsonate (Guzmán, 2018). Esto significa que la zona de estudio a pesar de la fuerte actividad antrópica dominada por la agricultura y ganadería, aún tiene capacidad de resguardar una cantidad considerable de fauna

La representatividad de las especies encontradas es óptima y comparable con la de otros estudios (Cruz-Elizalde & Ramírez-

Bautista, 2012). Como era de esperarse, las curvas de acumulación de especies, indican que de seguir con los muestreos es probable incrementar el inventario de especies.

Varios estudios sobre reptiles han concluido que independientemente del esfuerzo de muestreo, es raro registrar todas las especies que habitan dentro de la zona objeto de estudio, ya sea por sesgos en los muestreos, el método de muestreo no está acorde con la detectabilidad de ciertas especies, el horario de muestreo, la variación climática o los patrones de abundancia de las especies, puesto que no todas son igualmente abundantes y fáciles de observar, o porque tienen hábitos diferenciales a nivel espacial (Chao et al., 2005; Carvajal-Cogollo & Urbina-Cardona, 2008; Medina-Rangel, 2011).

Table 3. Similarity and complementarity values of reptiles between pairs of habitats. BC: Deciduous forest, BS: Semideciduous forest, BR: Riparian forest, CV: Live fences.

Tabla 3. Valores de similitud y complementariedad de los reptiles entre pares de hábitats. BC: Bosque caducifolio, BS: Bosque semideciduo, BR: Bosque ripario, CV: Cercas vivas.

	BC	BS	BR	CV
Abundancia	205	222	168	152
Especies observadas	11	14	15	7
Especies esperadas: Chao 1	21	17	18	10
Especies esperadas: ICE	15	23	21	11
Representatividad	52 - 73 %	61 - 82 %	71 - 83 %	64 - 70 %

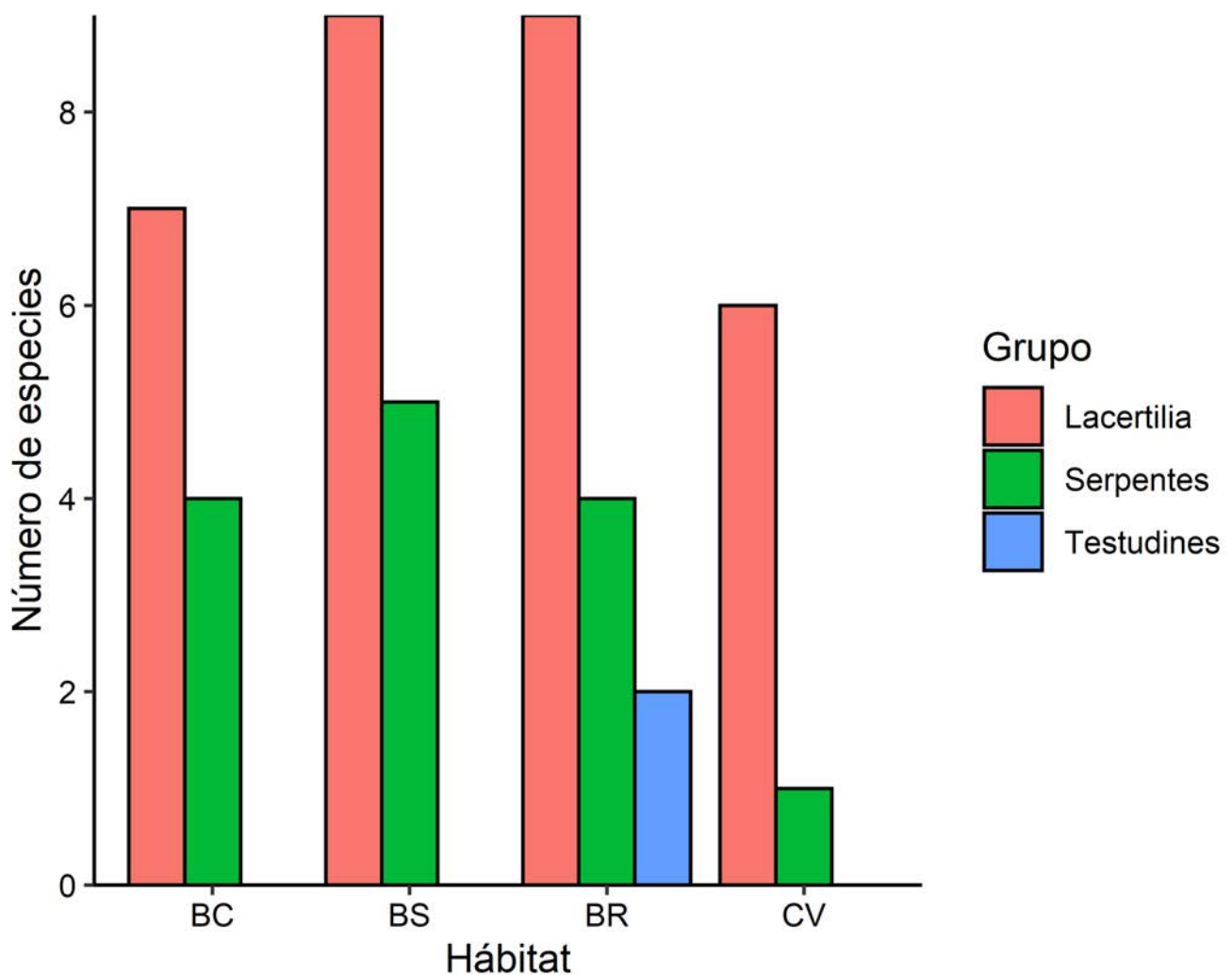


Figure 5. Richness of reptile groups by habitat. Deciduous forest, BS: Semideciduous forest, BR: Riparian forest, CV: Live fences.

Figura 5. Riqueza de los grupos de reptiles por hábitat. BC: Bosque caducifolio, BS: Bosque semideciduo, BR: Bosque ripario, CV: Cercas vivas.

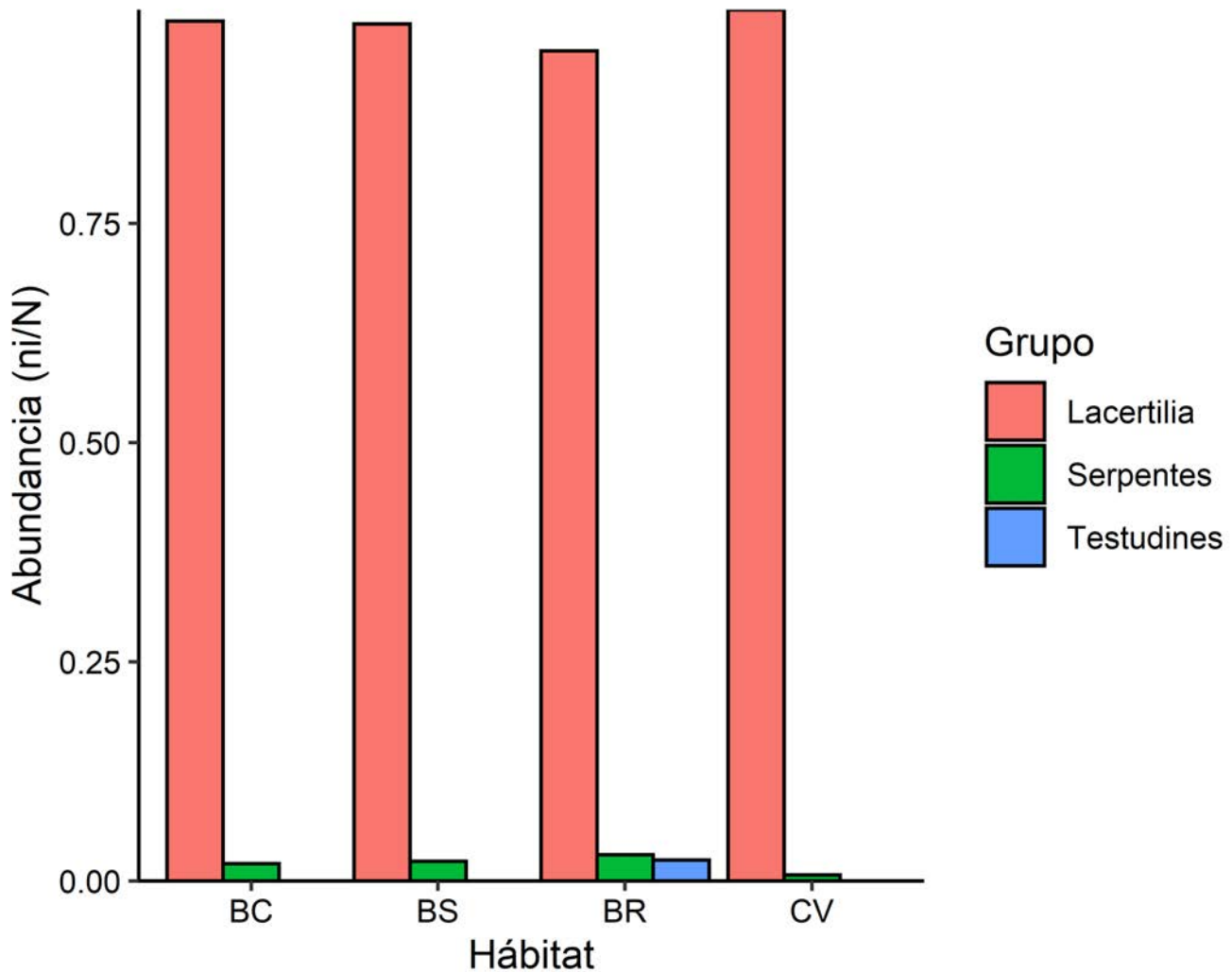


Figure 6. Abundance of reptile groups by habitat. Deciduous forest, BS: Semideciduous forest, BR: Riparian forest, CV: Live fences.

Figura 6. Abundancia de los grupos de reptiles por hábitat. BC: Bosque caducifolio, BS: Bosque semideciduo, BR: Bosque ripario, CV: Cercas vivas.

Se obtuvo que el grupo de las lagartijas fue el de mayor riqueza y abundancia, esto podría relacionarse con los rasgos biológicos de las especies que forman al grupo. En este caso, las características térmicas y etológicas de las especies les permitiría ocupar la mayor cantidad de hábitats y por ende ser el grupo mejor representado. Las serpientes en cambio, al tratarse de organismos con varias estrategias de escape pudo influir en que sus registros durante los muestreos fueran bajos (Flórez & Barona, 2016). Así también, es posible que el método de muestreo utilizado favorezca la detección de lagartijas y en menor medida a las serpientes, por lo que sería importante en futuros estudios aplicar diferentes métodos enfocados en detectar a las especies raras. Además, las serpientes por su posición trófica y por su papel de controladoras

de poblaciones de otras especies son menos abundantes que otros reptiles (Carvajal-Cogollo et al., 2007). Los pocos registros de tortugas seguramente se debieron a que se trata de reptiles con poblaciones reducidas y que son especies con preferencia por los sitios acuáticos. Además, de que los muestreos abarcaron más hábitats de tipo terrestres que dulceacuícolas.

La diferencia en composición y abundancia de especies entre los cuatro hábitats comparados podría ser explicado por las diferencias de las condiciones ambientales en cada uno, la relación diferencial de las especies frente a las variables analizadas como la temperatura ambiental, humedad relativa, dosel o profundidad de hojarasca; los procesos de degradación

ambiental dada las actividades agropecuarias en el paisaje y lo aspectos biológicos de cada especie. En algunos estudios sugieren que la composición de reptiles responde de manera diferencial a condiciones ambientales tales como la cobertura del dosel, tamaño de los fragmentos de los bosques, presencia de suelo desnudo, variaciones de temperatura y humedad (Flórez & Barona, 2016; Cadena-Rico et al., 2020), lo cual es congruente con lo registrado en este trabajo. Esto se puede deber a que especies como *A. macrophallus* y *S. assata* se encuentren exclusivamente en el bosque semidecíduo, puesto que son especies asociadas

a la vegetación cerrada que las proteja de los rayos del sol (Valdenegro-Brito et al., 2021). Por su parte, Medina-Rangel (2011) manifiesta que, debido a las estrategias de camuflaje, esperar y emboscar a las presas, es que los *Anolis* prefieren sitios de vegetación con cierto grado de complejidad.

El predominio de *S. squamosus* en el bosque caducifolio se debe a que este hábitat, por su dinámica temporal le ofrecería mayores oportunidades para termorregular, también otras especies de su mismo género han mostrado afinidad por este

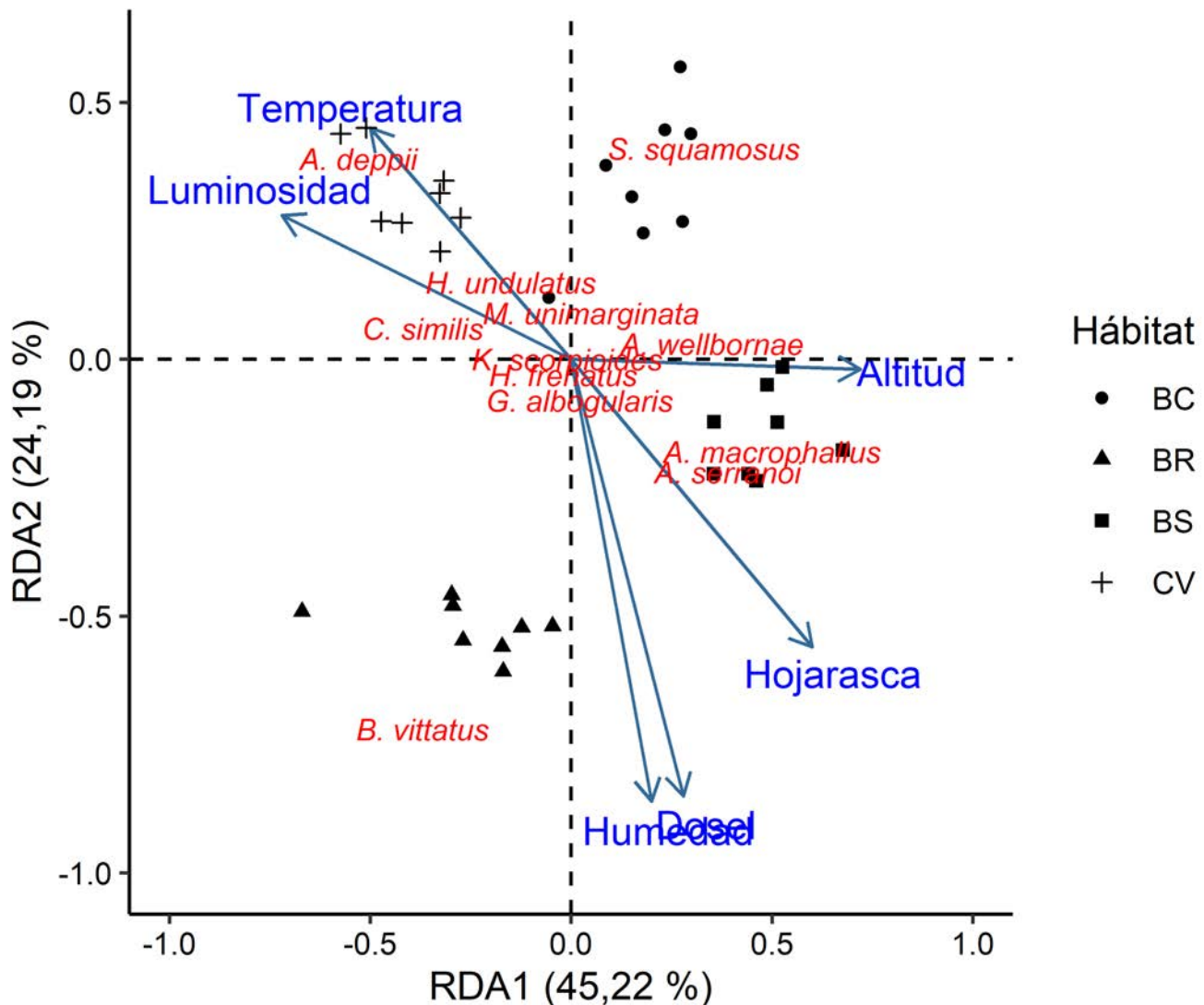


Figure 7. RDA ordination diagram based on the abundance of species and the average values of the environmental variables recorded for each transect according to the type of habitat. Deciduous forest, BS: Semideciduous forest, BR: Riparian forest, CV: Live fences.

Figura 7. Diagrama de ordenación RDA a partir de la abundancia de especies y los valores promedios de las variables ambientales registrados cada transecto según el tipo de hábitat. BC: Bosque caducifolio, BS: Bosque semidecíduo, BR: Bosque ripario, CV: Cercas vivas.

tipo de vegetación (García & Cabrera-Reyes, 2008). Por su parte, *A. deppii* y *H. undulatus* prefirieron sitios abiertos como las cercas vivas y estaría relacionado a que estos sitios les ofrecen mejores gradientes favorables de temperatura y luminosidad, además, se han adaptado muy bien en ambientes altamente intervenidos (Reynolds & Gebhard, 2014). Debido a que los miembros de la familia Teiidae presentan forrajeo activo y que por consiguiente requieren mayores cantidades de energía solar, es que son exitosas y abundantes en sitios despejados (Medina-Rangel, 2011).

Si bien los hábitats mostraron ser diferentes en abundancia y composición, todos presentaron una estructura semejante: la comunidad estuvo dominada por pocas especies con muchos individuos y existe un número considerable de especies raras. Esto se evidencia en las curvas de rango-abundancia en donde las primeras posiciones fueron ocupadas por lagartijas, sobre todo las que se consideran de tipo generalistas por tener amplia distribución geográfica (como *H. undulatus*, *H. frenatus* y *B. vittatus*). Este es un patrón característico de las comunidades de reptiles en donde se desarrollan actividades productivas y concuerda con lo registrado en otros estudios (Moreno-Arias & Quintero-Corzo, 2015). Además, esto puede explicar los bajos valores de diversidad en cada uno de los hábitats, ya que la mayor diversidad de reptiles usualmente se ha registrado en ecosistemas tropicales mejor conservados (Vite-Silva et al., 2010).

El bosque ripario se perfiló como el hábitat de mayor riqueza de reptiles y ocupa la tercera posición en abundancia y diversidad. Esta situación también se repite en otros estudios como el de Medina-Rangel (2011), en Zapatosa (Colombia), donde este ecosistema en comparación con otros ambientes obtuvo la mayor proporción de especies (89%). En general, estos ecosistemas cumplen el rol de corredores biológicos y en ocasiones representan el último refugio para distintos grupos de vertebrados (Herrera et al., 2018; Portillo & Elvir, 2018). Además, al ser un bosque contiguo a una corriente de agua permanente, puede ofrecer mayores opciones para que los reptiles aprovechen los recursos y opciones de forrajeo a lo largo del año. Como se esperaba, *B. vittatus*, fue la especie más abundante en este hábitat, y aunque tiene una amplia distribución geográfica, esta especie prefiere sitios cercanos a cuerpos de agua (Macip-Ríos & Muñoz-Alonso, 2008; Castañeda-Hernández et al., 2011).

Las cercas vivas presentaron los menores valores de riqueza, composición, abundancia y diversidad de especies en relación con el resto de los hábitats. Este resultado es opuesto a lo reportado por Alemán et al. (2011), por lo que los resultados en este estudio pudieron estar influenciados por la falta de manejo

de las cercas vivas y a las formas de producción agropecuaria. Al respecto, Sagastume (2018) manifiesta que cuando las cercas vivas son sustituidas periódicamente y el único manejo es la poda, resulta en la modificación de la cobertura vegetal y por consiguiente, en una baja diversidad de especies. Es por ello que se vuelve necesario prestar atención a este tipo de hábitats lineales considerado en algunas investigaciones como sitios de refugio y conectividad a nivel del paisaje y, por consiguiente, incrementan significativamente las oportunidades de coexistencia e interacción entre especies (Martínez-Camilo et al., 2007; Sánchez & Moya, 2018).

Los valores de la diversidad beta (aproximadamente 40% de similitud entre zonas de muestreo) sugieren que los hábitats del paisaje estudiado actúan como un continuo de coberturas y que son capaces de mantener un flujo de reptiles entre los hábitats. De esta manera, y de mantener las condiciones actuales, se podría seguir manteniendo la dinámica espacial de los reptiles (Flórez & Barona, 2016). No obstante, se vuelve crucial el análisis a mayor detalle de estas especies en distintos arreglos espaciales y temporales.

La comunidad de reptiles analizada está estrechamente relacionada con las variables ambientales analizadas, lo cual coincide con los resultados de Alemán et al. (2011) y Orozco et al. (2015), en donde la humedad relativa, el dosel y la cobertura de hojarasca tienden a ser los factores de mayor influencia para este grupo de vertebrados. Sin embargo, en el estudio de Cervantes-López et al. (2022), reportó que los reptiles no se relacionan con la humedad relativa, pero sí con la iluminación solar. Por su parte Vallan (2002) y Ríos-López & Aide (2007), argumentan que la hojarasca y humedad relativa son importantes para los reptiles porque ofrecen oportunidades de alimentación, refugio y propician condiciones microclimáticas favorables. No obstante, en estudios futuros se deberían considerar otras variables como la cobertura herbácea, diámetro de los árboles, inclinación del terreno, entre otras, para así comprender de mejor manera la relación de estas especies con su entorno.

CONCLUSIONES

Esta contribución permite la ampliación del conocimiento sobre los patrones de diversidad de reptiles del municipio de Santiago Nonualco, en donde se obtuvo que estas especies prefieren hábitats de mayor complejidad estructural y de menor degradación que los sitios con alta actividad agropecuaria. El grupo más abundante fue el de las lagartijas, mientras que las serpientes y tortugas presentaron pocos individuos. Si bien se obtuvo una diferenciación en cuanto a la composición y

riqueza de especies entre los hábitats comparados, estos se vuelven importantes para albergar la diversidad de especies a nivel del paisaje puesto que están actuando como unidades complementarias. Cada hábitat, al presentar características peculiares permite la disponibilidad de una variedad de microhábitats y otros recursos para ser aprovechados por los reptiles. No obstante, se vuelve necesario emprender acciones de conservación y mantenimiento de los hábitats naturales con el fin de que estas comunidades de reptiles y otros grupos faunísticos persistir en el espacio y el tiempo.

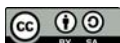
Agradecimientos.– Agradezco a Abel Batista, Joseph Vargas, Oscar Paz Quevedo, Zaidett Barrientos por la revisión y recomendaciones para mejorar el manuscrito. A la Organización de los Estados Americanos (OEA) por la beca otorgada para cursar los estudios de maestría. A Alfredo Panameño por el apoyo durante la fase de campo. Este trabajo es parte de los requisitos de graduación del programa de Maestría Académica en Manejo de Recursos Naturales con énfasis en Gestión de la Biodiversidad de la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica.

LITERATURA CITADA

- Alemán, B., F. Declerck, B. Finegan, F. Casanoves & J. García. 2011. Caracterización de reptiles y percepción local hacia las serpientes en la subcuenca del río Copán, Honduras. *Agroforestería en las Américas* 48:103-117.
- Böhm, M., B. Collen, J.E.M. Baillie, P. Bowles, J. Chanson, N. Cox, G. Hammerson, M. Hoffmann, S.R. Livingstone, M. Ram, A.G.J. Rhodin, S.N. Stuart, P.P. van Dijk, B.E. Young, L.E. Aftuang, A. Aghasyan, A. García, C. Aguilar, R. Ajtic et al. 2013. The conservation status of the world's reptiles. *Biological Conservation* 157:372-385.
- Borcard, D., F. Gillet & P. Legendre. 2011. *Numerical Ecology* with R. Springer.
- Cadena-Rico, S., A. Leyte-Manrique & U. Hernández-Salinas. 2020. Herpetofauna de la cuenca baja del río Temascalio, Irapuato, Guanajuato, México. *Acta Zoológica Mexicana* 361-14.
- Carbajal, A., C.E. Guerrero & L.N. Meléndez. 2009. Diseño de un Plan Estratégico de Mercadeo para Incrementar el Desarrollo Ecoturístico en el Municipio de Santiago Nonualco, Departamento de La Paz. Tesis de Pregrado. Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador.
- Cartín, M. 2021. Anfibios y reptiles de un humedal periurbano: El Estero, San Ramón, Costa Rica. *Revista Pensamiento Actual* 20:1-9.
- Carvajal-Cogollo, J.E., O. V. Castaño-Mora & G. Cárdenas-Arévalo. 2007. Reptiles de áreas asociadas a humedales de la planicie del departamento de Córdoba, Colombia. *Caldasia* 29:427-438.
- Carvajal-Cogollo, J.E. & J.N. Urbina-Cardona. 2008. Patrones de diversidad y composición de reptiles en fragmentos de bosque seco tropical en Córdoba, Colombia. *Tropical Conservation Science* 1:397-416.
- Castañeda-Hernández, C., T. Ramírez-Valverde, Y. Meza-Parral, A. Sarmiento-Rojas & A. Martínez-Campos. 2011. Ampliación de la distribución geográfica de *Basiliscus vittatus* en el estado de Puebla. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:1046-1048.
- Cervantes-López, M. de J., E. Andresen, O. Hernández-Ordóñez, F. Mora, V.H. Reynoso & V. Arroyo-Rodríguez. 2022. Lightly-harvested rustic cocoa is a valuable land cover for amphibian and reptile conservation in human-modified rainforest landscapes. *Journal of Tropical Ecology* 38:312-321.
- Chao, A., R. Chazdon, R. Colwell & T.-J. Shen. 2005. Un nuevo método estadístico para la evaluación de la similitud en la composición de especies con datos de incidencia y abundancia. En Halffter, G., Soberón, J., Koleff, P. & Melic, A. (Eds.), *Sobre diversidad biológica: El significado de las diversidades Alfa, Beta y Gamma*. Vol. 4, pp. 85-96. Sociedad Entomológica Aragonesa.
- Chergui, B., J.M. Pleguezuelos, S. Fahd & X. Santos. 2020. Modelling functional response of reptiles to fire in two Mediterranean forest types. *Science of the Total Environment* 732:139205.
- Cox, N., B.E. Young, P. Bowles, M. Fernandez, J. Marin, G. Rapacciuolo, M. Böhm, T.M. Brooks, S.B. Hedges, C. Hilton-Taylor, M. Hoffmann, R.K.B. Jenkins, M.F. Tognelli, G.J. Alexander, A. Allison, N.B. Ananjeva, M. Auliya, L.J. Avila, D.G. Chapple et al. 2022. A global reptile assessment highlights shared conservation needs of tetrapods. *Nature* 605:285-290.
- Cruz-Elizalde, R. & A. Ramírez-Bautista. 2012. Diversidad de reptiles en tres tipos de vegetación del estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83:458-467.
- Cuéllar, N. 2006. Informe Nacional El Salvador. Informe Nacional El Salvador. http://www.fao.org/3/j2903s/j2903so6.htm#P288_18244 [Consultado en octubre 2022].



- Doan, T.M. 2016. Plot and transect censuses. En Dodd Jr., C.K. (Ed.), Reptile Ecology and Conservation: a Handbook of Techniques. Oxford University Press.
- Duarte-Núñez, D.A., O.P. Pinzón-Florián & J.G. Palacios-Vargas. 2020. Colémbolos epiedáficos (Hexapoda: Collembola) en dos usos del suelo en la Altillanura colombiana. *Revista de Biología Tropical* 68:1198-1210.
- Feinsinger, P. 2003. El Diseño de Estudios de Campo Para La Conservación de la Biodiversidad. FAN.
- Flórez, L.Á. & E. Barona. 2016. Diversidad de reptiles asociados a tres áreas contrastantes en un bosque seco tropical (La Dorada y Victoria, Caldas). *Revista de Ciencias* 20:109-123.
- García, A. & A. Cabrera-Reyes. 2008. Estacionalidad y estructura de la vegetación en la comunidad de anfibios y reptiles de Chamela, Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana* 24:91-115.
- Guerra, D., H. Fuentes & V. Morán. 2012. Serpientes de Guatemala: Guía para Identificación de Especies. Serviprensa S.A.
- Guzmán, A. 2018. Diversidad de Herpetofauna y Factores de Amenaza, en Dos Ecosistemas Terrestres Costeros del Complejo Los Cóbano, Departamento de Sonsonate, El Salvador. Universidad de El Salvador.
- Henríquez, V., A. Valdenegro-Brito, N. Herrera & U. García-Vázquez. 2021. *Scincella incerta* (Stuart 1940) (Squamata: Scincidae), un nuevo registro de herpetofauna para El Salvador. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 4:228-230.
- Herrera, W.J., J. Urrutia & S. Sánchez. 2018. El ancho del bosque ripario en la diversidad herbácea, avifauna y arbórea, microcuenca Santa Cruz, subcuenca río Viejo, Estelí, Nicaragua. *Revista Científica en Ciencias Ambientales y Sostenibilidad* 4:1-5.
- Heyer, R., M. Donnelly, R. McDiarmid, L. Hayek & M.S. Foster. 2001. Medición y Monitoreo de la Diversidad Biológica. Métodos Estandarizados para Anfibios. Editorial Universitaria de La Patagonia.
- IUCN. 2021. IUCN Red List version 2021-3: Table 1a. https://nc.iucnredlist.org/redlist/content/attachment_files/2021-3_RL_Stats_Table_1a_v2.pdf [Consultado en noviembre 2021].
- Juárez-Peña, C., Á. Sosa & S. Sigüenza-Mejía. 2016. New herpetofaunal records for Parque Nacional Montecristo, El Salvador. *Mesoamerican Herpetology* 3:1107-1113.
- Kindt, R. 2020. BiodiversityR: Package for community ecology and suitability. 2.12.3.
- Kindt, R. & R. Coe. 2005. Tree Diversity Analysis: a Manual and Software for Common Statistical Methods for Ecological and Biodiversity Studies. World Agroforestry Centre.
- Köhler, G., M. Veselý & E. Greenbaum. 2006. The amphibians and Reptiles of El Salvador. Krieger Publishing Company.
- Macip-Ríos, R. & A. Muñoz-Alonso. 2008. Diversidad de lagartijas en cafetales y bosque ripario en el Soconusco Chiapaneco. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79:185-195.
- Magurran, A.E. 2004. Measuring Biological Diversity. Blackwell Publishing Company.
- MARN. 2018. Listado de Fauna Silvestre Registrada para El Salvador.
- Marshall, B.M., C. Strine & A.C. Hughes. 2020. Thousands of reptile species threatened by under-regulated global trade. *Nature Communications* 11:4738.
- Martínez-Camilo, R., N. Martínez-Meléndez & M. Pérez-Farrera. 2007. Las cercas vivas y su papel en la conservación de la biodiversidad en Chiapas. *Lacandonia* 1:117-123.
- McCranie, J.R. & G. Köhler. 2015. Anoles of Honduras: systematics, distribution and conservation. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* 5:1-129.
- Medina-Rangel, G.F. 2011. Diversidad alfa y beta de la comunidad de reptiles en el complejo cenagoso de Zapatosa, Colombia. *Revista de Biología Tropical* 59:935-968.
- Medrano-Meraz, M. de J., F. Hernández, S. Corral-Rivas & J.A. Nájera-Luna. 2017. Diversidad arbórea a diferentes niveles de altitud en la región de El Salto, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 8:57-68.
- Morán, R. 2014. Composición y Estructura de la Herpetofauna del Área Natural La Montañona en un Gradiente Altitudinal Ecosistémico, en la Época Seca Lluviosa de 2013, Departamento de Chalatenango, El Salvador. Tesis de Pregrado. Universidad de El Salvador.



- Moreno-Arias, R. & S. Quintero-Corzo. 2015. Reptiles from the dry valley of the Magdalena River (Huila, Colombia). *Caldasia* 37:183-195.
- Núñez, K., G. Zárate-Betzel, F. Ortiz, M. Mendoza, M. Vera, A. Weiler & M. Duré. 2022. Diversidad alfa, beta y gamma de ensambles de los anuros y reptiles de humedales del Ypoá, Paraguay. *Neotropical Biodiversity* 8:89-98.
- Oksanen, J., F.G. Blanchet, M. Friendly, R. Kindt, P. Legendre, D. McGlinn, P.R. Minchin, R.B. O'Hara, G. Simpson, P. Solymos, M.H.H. Stevens, E. Szoecs & H. Wagner. 2020. *Vegan: community ecology package*. 2.5.7.
- Orozco, L., B. Molinares, G. Soto, O. Deheuvels, J. Rojas, A. Lopez & F. Vasquez. 2015. Diversidad de herpetofauna (anfibios y reptiles) en cacaotales y fragmentos de bosque en Waslala, Nicaragua. *Agroforestería neotropical* 542-60.
- Palacio, F.J., M.J. Apodaca & J.V. Crisci. 2020. Análisis multivariado para datos biológicos: teoría y su aplicación utilizando el lenguaje R. Primera edición. Vasquez Mazzini Editores.
- Pincheira-Donoso, D., A.M. Bauer, S. Meiri & P. Uetz. 2013. Global taxonomic diversity of living reptiles. *PLoS ONE* 8:e59741.
- Pineda, L., J. Segura & R. Morán. 2016. Anfibios y reptiles del complejo San Marcelino, en la reserva de Biósfera Apaneca-Illamatepec, El Salvador. *Bioma* 4748-63.
- Portillo, H. & F. Elvir. 2018. Mamíferos en dos bosques riparios de la sabana de pino en la Moskitia hondureña. *Revista Mexicana de Mastozoología, nueva época* 8:22-30.
- R Core Team. 2020. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*.
- Rabosky, D.L., R. von May, M.C. Grundler & A.R. Davis Rabosky. 2019. The Western Amazonian richness gradient for squamate reptiles: Are there really fewer snakes and lizards in southwestern amazonian lowlands? *Diversity* 11:1-18.
- Rengifo, J.T., F. Castro, F.J. Purroy & M.Y. Rengifo. 2019. Importancia del género *Anolis* (Lacertilia: Dactyloidae), como indicadores del estado del hábitat, en bosque pluvial tropical del Chocó. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 11:1-12.
- Reynolds, R. & C. Gebhard. 2014. *Aspidoscelis deppii* (black-bellied racerunner). Predation by turkey vulture. *Herpetological Review* 45:124.
- Ríos-López, N. & T.M. Aide. 2007. Herpetofaunal dynamics during secondary succession. *Herpetologica* 63:35-50.
- Ríos-Rodas, L., C.E. Zenteno-Ruiz, M. Pérez-De la Cruz, S.L. Arriaga-Weiss, N. del C. Jiménez-Pérez & M.G. Bustos-Zagal. 2020. Anfibios riparios en dos ecosistemas tropicales del sureste de México. *Ecosistemas* 29:1-7.
- Rodríguez-Maturino, A., M.G. Viggers-Carrasco, M.M. Villa-López, R. Valdez-Lares, L.R. Pulido-Marrufo, B.Y. Soto-Olvera, K.S. Gómez-Rivera, J.A. Fernández-García & H. Ruiz-Díaz. 2018. Reptiles del Parque Nacional Sierra de Órganos, Zacatecas. *Áreas Naturales Protegidas Scripta* 4:1-23.
- Sagastume, D. 2018. Comunidad de Aves en Cercas Vivas de las Fincas Agropecuarias del Municipio Yocón, Olancho, Honduras. Universidad Nacional. Costa Rica.
- Salinas, H. & D. Ramírez-Delgado. 2021. *ecolTest: community ecology tests*.
- Sánchez, R. & M. Moya. 2018. Biodiversidad en fincas cafetaleras de Rincón de Mora, San Ramón, Alajuela, Costa Rica. *Revista Pensamiento Actual* 18:68-86.
- Tenorio-Mendoza, R., M. Martínez-Coronel, G. López-Ortega & I. Hazarmabeth Salgado-Ugarte. 2019. Riqueza herpetológica de la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa, Puebla, México. *Áreas Naturales Protegidas Scripta* 5:1-18.
- Uetz, P. & J. Hallermann. 2022. Reptile Database. El Salvador. http://reptile-database.reptarium.cz/advanced_search?location=El+Salvador&exact=location&submit=Search [Consultado en octubre 2022].
- Urbina-Cardona, J.N., M.C. Londoño-Murcia & D.G. García-Ávila. 2008. Spatio-temporal dynamics of snake diversity in four habitats with different degrees of anthropogenic disturbance in the Gorgona Island National Natural Park in the Colombian Pacific. *Caldasia* 30:479-493.
- Valdenegro-Brito, A.E., N. Herrera-Serrano & U.O. García-Vázquez. 2020. First record of brown forest skink, *Scincella cherriei* (Cope, 1893) (Squamata: Scincidae) in El Salvador. *Herpetology Notes* 13715-716.
- Valdenegro-Brito, A.E., N. Herrera-Serrano & U.O. García-Vázquez. 2021. Geographical distribution and potential geographical range of the Red Skink *Scincella assata* (Cope, 1864) (Squamata, Scincidae) in El Salvador. *Check List* 17:283-288.



Vallan, D. 2002. Effects of anthropogenic environmental changes on amphibian diversity in the rain forests of eastern Madagascar. *Journal of Tropical Ecology* 18:725-742.

Vargas-Salinas, F. & A. Aponte-Gutiérrez. 2017. Diversidad y recambio de especies de anfibios y reptiles entre coberturas vegetales en una localidad del valle del Magdalena medio, departamento de Antioquia, Colombia. *Biota Colombiana* 17:110-130.

Vavrek, M.J. 2020. fossil: palaeoecological and palaeogeographical analysis tools. 0.4.0.

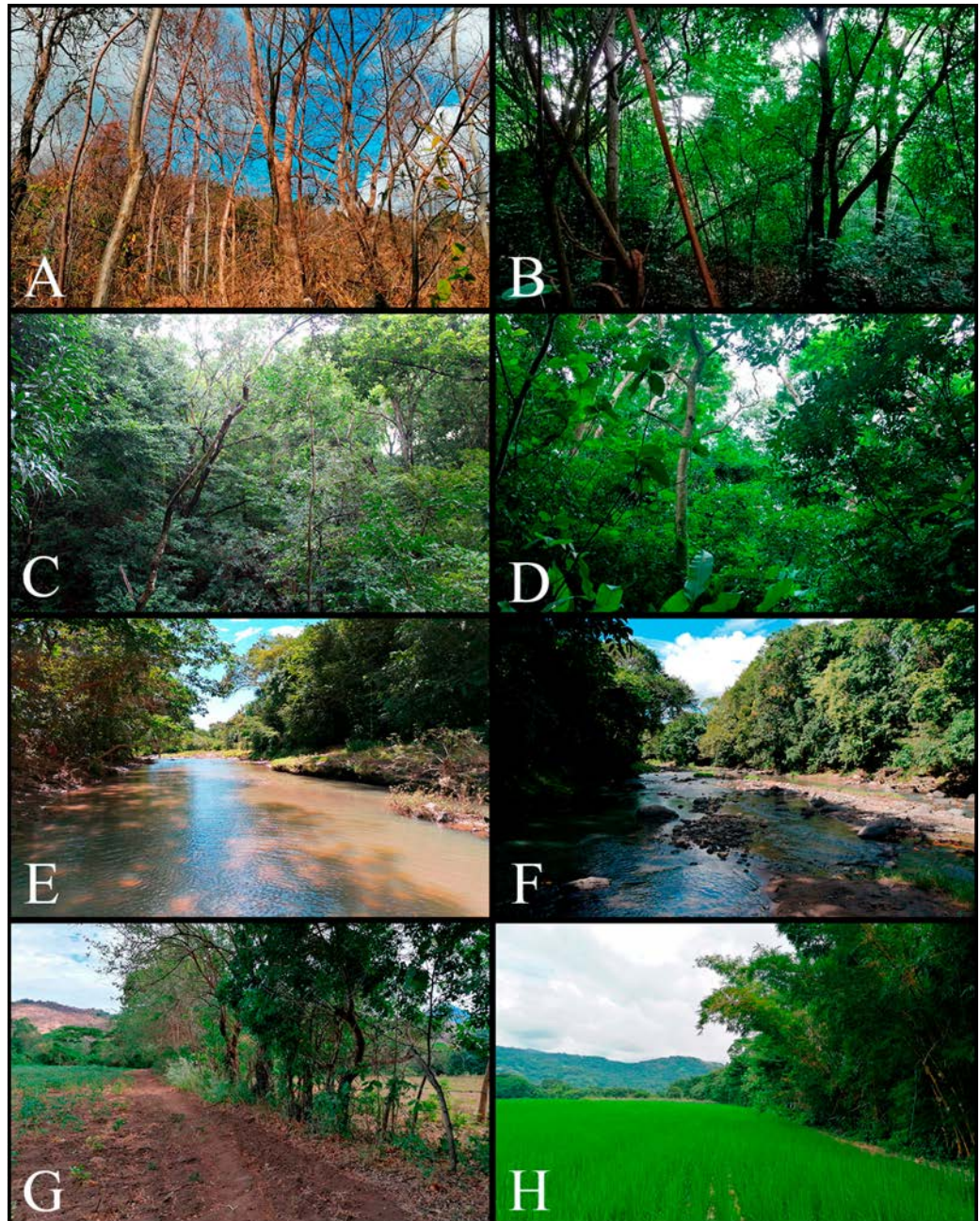
Vite-Silva, V.D., A. Ramírez-Bautista & U. Hernández-Salinas. 2010. Diversity of amphibians and reptiles from the Barranca de Metztitlán Biosphere Reserve in Hidalgo, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81:473-485.



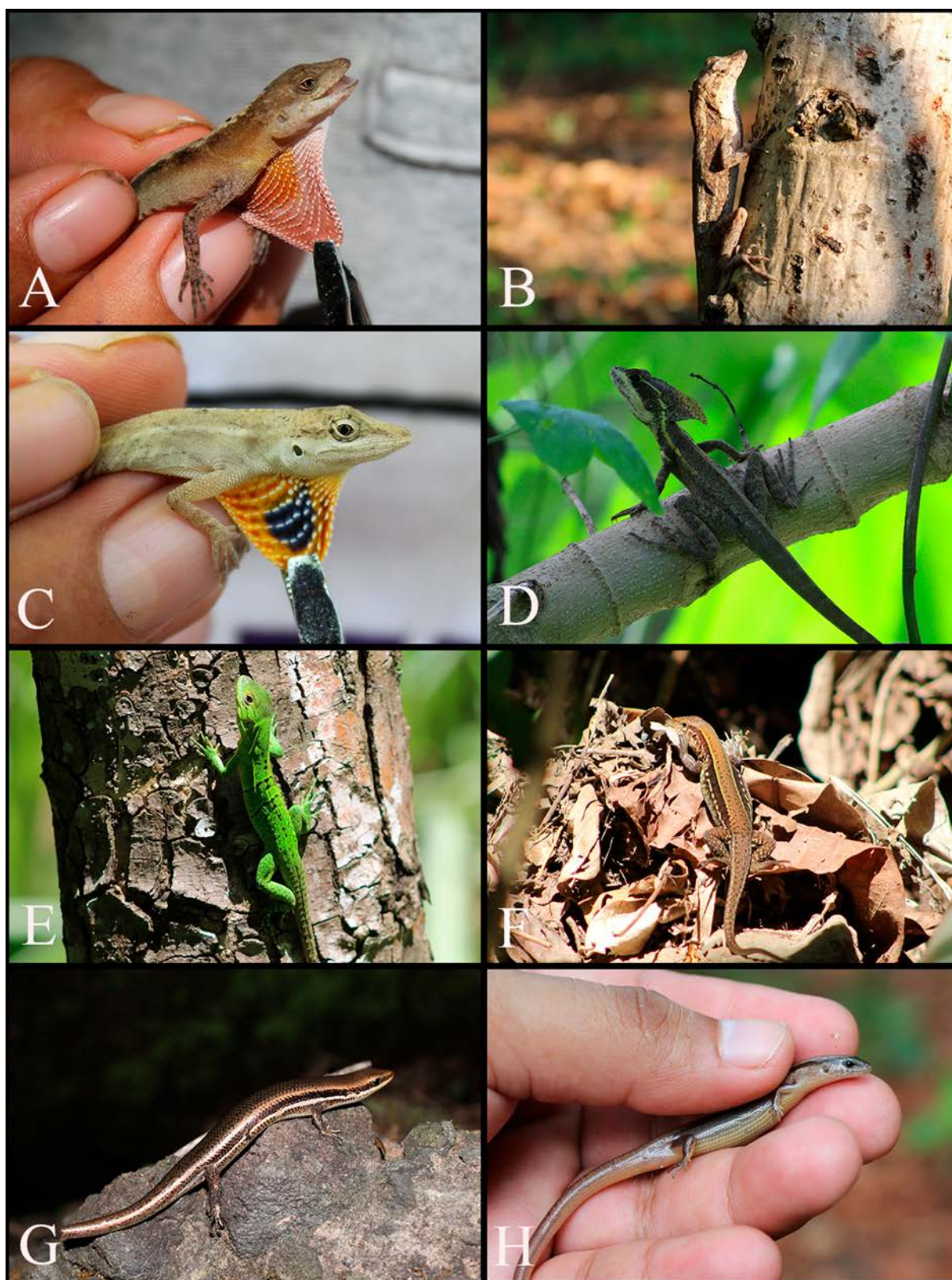
APÉNDICE 1

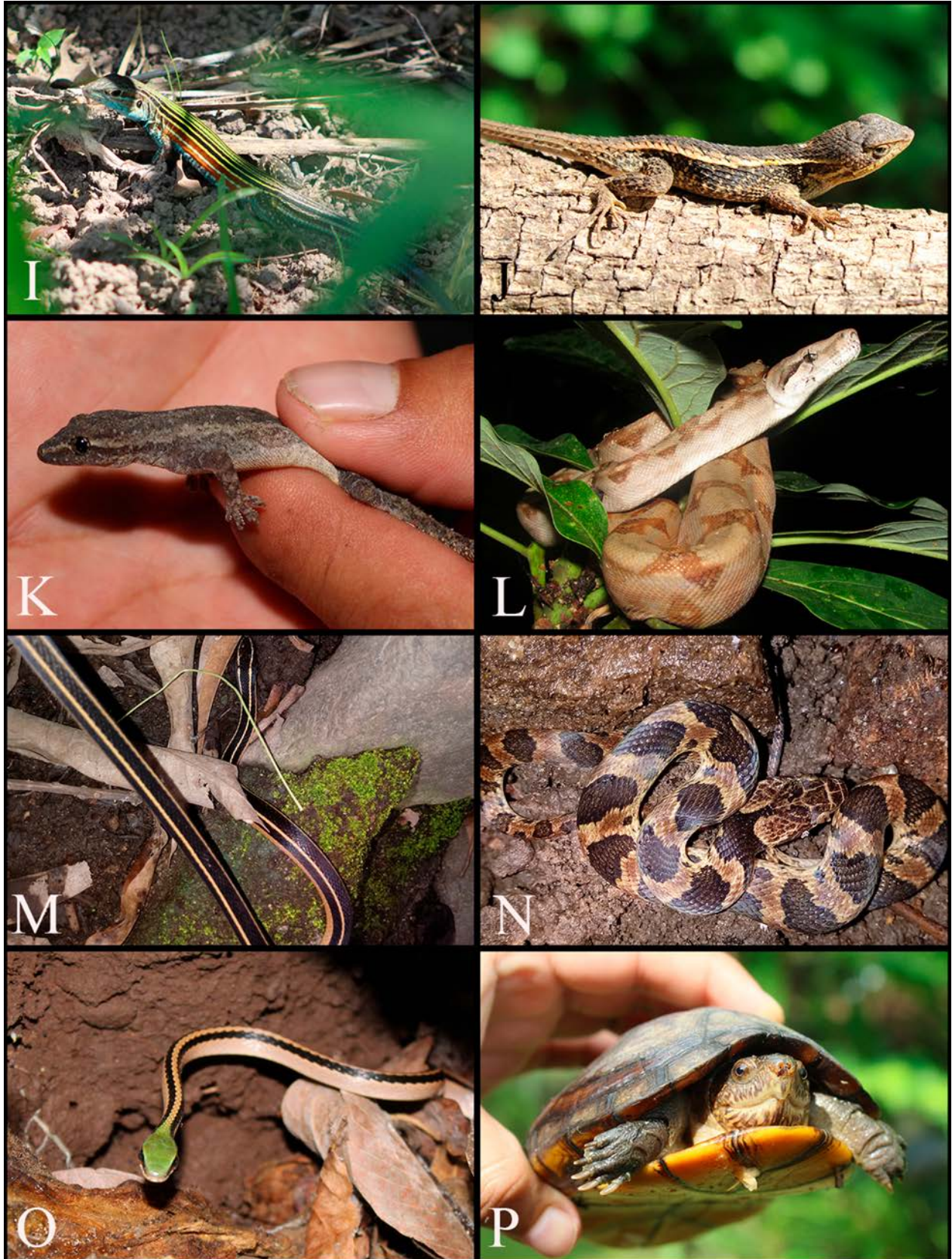
Appendix 1. Habitats where the sampling points were established. Santiago Nonualco, El Salvador. Deciduous forest (dry season (A), rainy season (B)), Semideciduous forest (C and D), Riparian forest (E and F), Live fences (G and H).

Apéndice 1. Hábitats donde se establecieron los puntos de muestreos. Santiago Nonualco, El Salvador. Bosque caducifolio (época seca (A), época lluviosa (B)), Bosque semideciduo (C y D), Bosque ripario (E y F), Cercas vivas (G y H).



APÉNDICE 2





Appendix 2. Photographic record of some species of reptiles recorded during the sampling. Santiago Nonualco, El Salvador. A) *Anolis macrophallus*, B) *A. serranoi*, C) *A. wellbornae*, D) *Basiliscus vittatus*, E) *Ctenosaura similis*, F) *Holcosus undulatus*, G) *Marisora brachypoda*, H) *Scincella assata*, I) *Aspidoscelis deppii*, J) *Sceloporus squamosus*, K) *Hemidactylus frenatus*, L) *Boa imperator*, M) *Coniophanes piceivittis*, N) *Leptodeira rhombifera*, O) *Leptodrymus pulcherrimus*, P) *Kinosternon scorpioides*.

Apéndice 2. Registro fotográfico de algunas especies de reptiles registrados durante los muestreos. Santiago Nonualco, El Salvador. A) *Anolis macrophallus*, B) *A. serranoi*, C) *A. wellbornae*, D) *Basiliscus vittatus*, E) *Ctenosaura similis*, F) *Holcosus undulatus*, G) *Marisora brachypoda*, H) *Scincella assata*, I) *Aspidoscelis deppii*, J) *Sceloporus squamosus*, K) *Hemidactylus frenatus*, L) *Boa imperator*, M) *Coniophanes piceivittis*, N) *Leptodeira rhombifera*, O) *Leptodrymus pulcherrimus*, P) *Kinosternon scorpioides*.

APÉNDICE 3

Appendix 3. Multiple comparisons of the ANOSIM and SIMPER result (%) in the four sampling habitats. Santiago Nonualco, El Salvador. P values with Bonferroni correction. BC: Deciduous forest, BS: Semideciduous forest, BR: Riparian forest, CV: Live fences.

Apéndice 3. Comparaciones múltiples del ANOSIM y resultado SIMPER (%) en los cuatro hábitats de muestreo. Santiago Nonualco, El Salvador. Valores de P con corrección de Bonferroni. BC: Bosque caducifolio, BS: Bosque semideciduo, BR: Bosque ripario, CV: Cercas vivas.

	BC		BS		BR		CV
BC			71.40		81.45		86.75
BS	R = 0.93	P < 0.05			82.49		82.49
BR	R = 1	P < 0.05	R = 0.99	P < 0.05			84.71
CV	R = 0.97	P < 0.05	R = 0.98	P < 0.05	R = 0.95	P < 0.05	

REGISTROS NOVEDOSOS DE *PSEUDOEURYCEA LEPROSA* (PLETHODONTIDAE) EN LA ZONA INTERMEDIA ENTRE EL PICO DE ORIZABA Y EL COFRE DE PEROTE NOVEL RECORDS OF *PSEUDOEURYCEA LEPROSA* (PLETHODONTIDAE) IN THE INTERMEDIATE ZONE BETWEEN PICO DE ORIZABA AND COFRE DE PEROTE

José Luis Aguilar-López^{1,*} & Paulina García-Bañuelos¹

¹Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz, México

*Correspondence: jlal.herp@gmail.com

Received: 2023-05-31. Accepted: 2023-07-11. Published: 2023-07-27.

Editor: Sean Rovito, México.

Pseudoeurycea leprosa es una salamandra de talla mediana que alcanza una longitud hocico-cloaca (LHC) de 65 mm (Raffaëlli, 2013), y de longitud de la cola (LC) puede alcanzar 45.5 mm (Ramírez-Bautista et al., 2009). Esta especie es endémica a México y su distribución se extiende de forma discontinua principalmente en la Franja Volcánica Transmexicana, con

poblaciones en Estado de México, Ciudad de México, Morelos, Puebla, Veracruz, y una población aislada en el norte del estado de Hidalgo (Parra-Olea et al., 2012; GBIF, 2023; Fig. 1). Habita bosques de encino, encino-pino y pino, en un intervalo altitudinal que va de los 2,500 a los 3,600 m s.n.m. (IUCN, 2016; Raffaëlli, 2013). En términos de conservación esta especie se encuentra

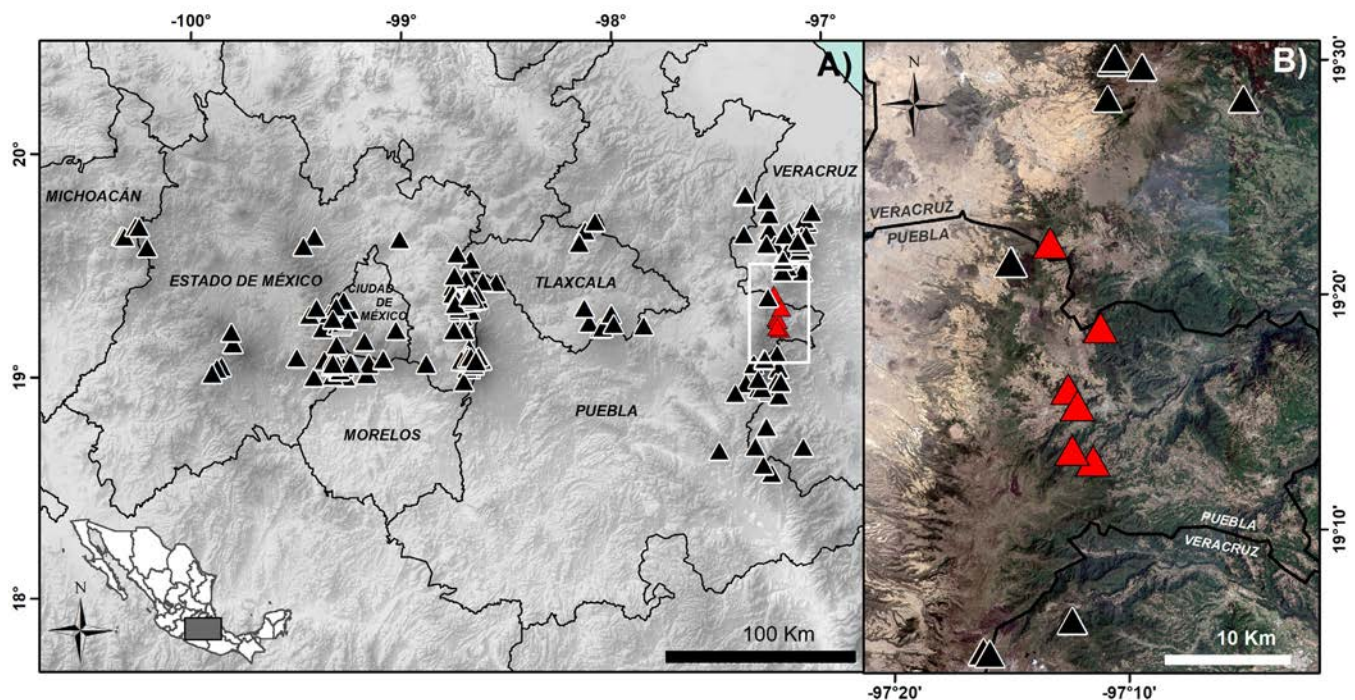


Figure 1. A) Known distribution of *Pseudoeurycea leprosa* in central Mexico, with historical collection localities (black triangles). B) Close-up of the zone with the new records for the species (red triangles).

Figura 1. A) Distribución conocida de *Pseudoeurycea leprosa* en el centro de México, con localidades históricas de colecta (triángulos negros) y B) acercamiento de la zona con los registros novedosos de la especie (triángulos rojos).



Figure 2. Individuals of *Pseudoeurycea leprosa* recorded at the sites of A) San Juan del Valle, B) La Reforma, C) Manzanitos, D) Cerro de Leon, F) La Candelaria, all in the state of Puebla, and E) Altamirada, Veracruz. Photos: José Luis Aguilar López.

Figura 2. Individuos de *Pseudoeurycea leprosa* registrados en los sitios de A) San Juan del Valle, B) La Reforma, C) Manzanito, D) Cerro de León, F) La Candelaria, todas en el estado de Puebla, y E) Altamirada, Veracruz. Fotos: José Luis Aguilar López.

en la categoría de “preocupación menor” (Least Concern; LC) de acuerdo a la IUCN (2016), y en la categoría de “Amenazada” (A) de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana-059 de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (DOF, 2019).

Durante visitas esporádicas en la zona intermedia entre el Pico de Orizaba y el Cofre de Perote, en los estados de Veracruz y Puebla respectivamente, registramos seis individuos de *P. leprosa*. Dos individuos fueron fotografiados en campo y

liberados, las fotos correspondientes fueron ingresadas en la colección digital del Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera” de la Facultad de Estudios Superiores, Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México (MZFZ), mientras que cuatro ejemplares fueron colectados, eutanizados, preservados y depositados en la Colección de Anfibios y Reptiles del Instituto de Ecología A. C. (CARIE). Las características morfológicas y de coloración de los individuos coincidieron con la diagnosis propuesta por Cope (1869), Ramírez-Bautista et al. (2009), Canseco-Márquez & Gutiérrez-Mayen (2010) y Ramírez-Bautista et al. (2014). Los registros se enlistan a continuación:

México: Puebla: Municipio Chilchotla: localidad San Juan del Valle (19.2544° N, 97.2035° O; WGS 84; 2,497 m s.n.m.), 05 de agosto de 2011. Un ejemplar (MZFZ-IMG-533; Fig. 2a), encontrado a las 09:45 h bajo la hojarasca, en un fragmento de bosque de pino-encino por José Luis Aguilar López.

México: Puebla: Chilchotla: La Reforma (19.2151° N, 97.1925° O; WGS 84; 2,777 m s.n.m.), 15 de enero de 2022. Un ejemplar (MZFZ-IMG-534; Fig. 2b), encontrado a las 15:00 h entre tronco en estado de descomposición al interior de un fragmento de bosque de pino-encino por José Luis Aguilar López.

México: Puebla: Chilchotla: Manzanitos (19.2661° N, 97.2103° O; WGS 84; 2,782 m s.n.m.), 20 de noviembre de 2022. Un ejemplar (CARIE-1397; LHC = 48.8 mm, LC = 40.4 mm; Fig. 2c) fue encontrado a las 10:45 h bajo la corteza de un tronco en estado de descomposición al interior de un fragmento de bosque de pino-encino, fue colectado por José Luis Aguilar López (JLAL-950).

México: Puebla: Chilchotla: Cerro de León (19.2227° N, 97.2075° O; WGS 84; 2,867 m s.n.m.), 11 de febrero de 2023. Un ejemplar (CARIE-1400; LHC = 34.1 mm, LC = 19.7 mm; Fig. 2d), encontrado a las 13:35 h en un tronco en estado de descomposición al interior de un fragmento de bosque de pino-encino, fue colectado por José Luis Aguilar López (JLAL-960).

México: Veracruz: Ayahualulco: Altamirada (19.3695° N, 97.2230° O; WGS 84; 2,861 m s.n.m.), 18 de marzo de 2023. Un ejemplar (CARIE-1396; LHC = 27.1 mm, LC = 17 mm; Fig. 2e) fue encontrado a las 12:12 h entre un tocón de pino al interior de un fragmento de bosque de pino-encino, fue colectado por Paulina García Bañuelos (PGB-087).

México: Puebla: Chilchotla: La Candelaria (19.3095° N, 97.1874° O; WGS 84; 2,781 m s.n.m.), 19 de marzo de 2023. Un ejemplar (CARIE-1399; LHC = 53.5 mm, LC = 54.3 mm; Fig.

2f) encontrado a las 11:32 h dentro de un tronco en estado de descomposición al interior de un fragmento de bosque de pino-encino, fue colectado por José Luis Aguilar López (JLAL-961).

Los registros descritos caen dentro del intervalo altitudinal reportado para *P. leprosa* y cubren un vacío de 29 km en dirección Norte-Sur, entre las poblaciones históricas del Cofre de Perote y las faldas del Pico de Orizaba (Parra-Olea et al., 2012; GBIF, 2023; Fig. 1). Los presentes registros coinciden con la distribución potencial para la especie modelada por Parra-Olea et al. (2005). Es probable que la distribución de *P. leprosa* sea más amplia en la zona, ya que aún hay fragmentos de bosque de distintos tamaños que reúnen las condiciones de vegetación y altitud idóneas para la presencia de la especie, pero no han sido explorados (García-Vázquez et al., 2009).

Los sitios donde observamos los individuos de *P. leprosa*, se encuentran inmersos en paisajes heterogéneos, conformados por fragmentos de bosque, asentamientos humanos y zonas agrícolas. Las especies cultivadas en la zona incluyen maíz, chícharo, papa, aguacate y avena, entre los más comunes. Al interior de algunos de los fragmentos se observa señales de extracción de madera y pastoreo de ovejas. De acuerdo a la IUCN esta especie solo puede soportar perturbaciones limitadas en su hábitat (IUCN, 2016), por lo que resulta necesario plantear estrategias para el manejo del paisaje, con el fin de garantizar la conservación de la especie.

Agradecimientos.— Agradecemos a Uri García Vázquez por la catalogación de las fotos ingresadas a la Colección digital del Museo de Zoología de la Facultad de Estudios Superiores, Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. El permiso de colecta fue otorgado por SEMARNAT (FAUT-0303 y SGPA-DGVS/03444/15).

LITERATURA CITADA

- Canseco-Márquez, L. & G. Gutiérrez-Mayén. 2010. Anfibios y Reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Cuicatlán A. C., Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México.
- Cope, E.D. 1869. A review of the species of Plethodontidae and Desmognathidae. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 21:93-118.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2019. Proyecto de Modificación del Anexo Normativo III, Lista de Especies en Riesgo de la Norma

- Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2016. *Pseudoeurycea leprosa*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T59383A53982716. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T59383A53982716.en>. [Consultado en Abril 2023].
- García-Vázquez, U.O., L. Canseco-Márquez, G. Gutiérrez-Mayen & M. Trujano-Ortega. 2009. Actualización del conocimiento de la fauna herpetológica en el estado de Puebla, México. Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana 17:12-36.
- GBIF. 2023. GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.5hxtuv> [Consultado en abril 2023]
- Parra-Olea, G., E. Martínez-Meyer & G. Pérez-Ponce de León. 2005. Forecasting climate change effects on salamander distribution in the highlands of central Mexico. Biotropica 37:202-208.
- Parra-Olea, G., J.C. Windfield, G. Velo-Antón & K.R. Zamudio. 2012. Isolation in habitat refugia promotes rapid diversification in a montane tropical salamander. Journal of Biogeography 39:353-370.
- Raffaëlli, J. 2013. Les Urodeles du Monde. 2e édition. Penclen édition, France.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, U.O. García-Vázquez, A. Leyte-Manrique & L. Canseco-Márquez. 2009. Herpetofauna del Valle de México: Diversidad y Conservación. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pachuca, Hidalgo, México.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, R. Cruz-Elizalde, C. Berriozabal-Islas, D. Lara-Tufiño, I. Goyenechea Mayer-Goyenechea & J.M. Castillo-Cerón. 2014. Los Anfibios y Reptiles de Hidalgo, México: Diversidad, Biogeografía y Conservación. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pachuca, Hidalgo, México. Sociedad Herpetológica Mexicana. Hidalgo, México.



ABRONIA MATUDAI (ANGUIDAE: GERRHONOTINAE) (HARTWEG & TIHEN, 1946)

Mildred Jimena Del Cid-Baquiáx¹, Francisco Castillo-Obregón¹ & Daniel Ariano-Sánchez^{1,2*}

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

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

*Correspondence: dariano@uvg.edu.gt

Received: 2023-03-23. Accepted: 2023-08-07. Published: 2023-08-09.

Editor: Adam G. Clause, Estados Unidos.

Guatemala: Suchitepéquez: Municipality of Santa Bárbara: southern slope of Volcán Atitlán, Reserva Natural Privada “Refugio del Quetzal” of the Universidad del Valle de Guatemala (14.5511° N, 91.1937° W; WGS84; 1,660 m a.s.l.). 22 October 2022.

The subadult specimen was found active on leaf litter in the middle of a trail at 7:30 am, after having fallen to the ground from an overhanging branch (Fig. 1). The habitat where the specimen was found was well-preserved cloudforest. Our specimen is



Figura 1. *Abronia matudai* observada en la Reserva Natural “Refugio del Quetzal” en la falda sur del Volcán Atitlán, Suchitepéquez, Guatemala a 1,660 m s.n.m. el 22 de octubre de 2022. Foto: Francisco Castillo-Obregón.

Figure 1. *Abronia matudai* observed at Reserva Natural “Refugio del Quetzal” on the southern slope of Atitlán Volcano, Suchitepéquez, Guatemala at 1,660 m a.s.l. on 22 October 2022. Photo: Francisco Castillo-Obregón.

Tabla 1. Localidades con registros de *Abronia matudai* (GBIF, 2023). Los registros de GBIF respaldados solo por datos "oscurecidos" de iNaturalist fueron excluidos por las razones discutidas por Contreras-Díaz et al. (2023).

Table 1. Vouchered localities of *Abronia matudai* (GBIF, 2023). GBIF records supported only by "obscured" iNaturalist data were excluded for reasons discussed by Contreras-Díaz et al. (2023).

Country	Department or State	Locality	Latitude (decimal degrees)	Longitude (decimal degrees)	Elevation (m a.s.l.)*	Voucher**
Guatemala	Suchitepéquez	Southern slope of Volcán Atitlán, Reserva Natural Privada "Refugio del Quetzal" of the Universidad del Valle de Guatemala, Santa Barbara	14.55	-91.19	1,660	UVG F000088, this work
Guatemala	Quetzaltenango	Balneario "Aguas Georginas," Zunil	14.75	-91.48	ca. 2,450	SMF 84613
Guatemala	San Marcos	Esquipulas Palo Gordo	14.95	-91.84	ca. 2,670	UVG R002266
Guatemala	San Marcos	El Rincón, San Marcos	14.97	-91.83	2,690	MVZ Herp 270036
Guatemala	San Marcos	Finca Insula, San Marcos	14.95	-91.87	2,300	MVZ Herp 161022
Mexico	Chiapas	Volcán Tacaná, Cacahoatán	15.11	-92.11	ca. 2,000	UMMZ 88331
Mexico	Chiapas	Colonia Talquian, Cacahoatán	15.13	-92.11	1,950	MVZ Herp 161793
Mexico	Chiapas	Jose Maria Morelos, Huixtla	15.24	-92.46	ca. 1,570	ECOSUR-SC-H0280

* = todas las elevaciones redondeadas a los 10 m más cercanos y las elevaciones precedidas por "ca." son estimaciones aproximadas debido a datos de localidad imprecisos.

* = all elevations rounded to the nearest 10 m, and elevations preceded by "ca." are rough estimates due to imprecise locality data.

** = Colecciones Biológicas de the Universidad del Valle de Guatemala (UVG), Colecciones Biológicas de El Colegio de la Frontera Sur from San Cristóbal unit (ECOSUR-SC), Museum of Vertebrate Zoology University of California Berkeley (MVZ), Senckenberg Forschungsinstitut und Naturmuseum (SMF), University of Michigan Museum of Zoology (UMMZ).

** = Biological Collections of the Universidad del Valle de Guatemala (UVG), Biological Collections of El Colegio de la Frontera Sur from San Cristóbal unit (ECOSUR-SC), Museum of Vertebrate Zoology University of California Berkeley (MVZ), Senckenberg Forschungsinstitut und Naturmuseum (SMF), University of Michigan Museum of Zoology (UMMZ).

the first record for Suchitepéquez Department (Campbell & Muñoz-Alonso, 2013), and it lies 38 km SW of the nearest known locality at Balneario "Aguas Georginas," Municipality of Zunil, Quetzaltenango, Guatemala (Köhler, 2003; SMF-84613; Table 1; Fig. 2). The specimen had a snout-vent length of 82 mm, a tail length of 140 mm, and a head width of 11 mm.

The taxonomic identity of the species was verified through the presence of the following diagnostic scale characters: the head lacks spinelike supra-auriculars, the large frontonasal lacks

contact with the frontal, the supranasals are expanded, and the parietal contacts the median supraoculars (Campbell & Frost, 1993). The cloudforest at the locality is part of a private natural reserve managed by Universidad del Valle de Guatemala.

Unfortunately, the neighboring lands are undergoing rapid deforestation. This habitat loss will likely isolate the newly discovered population of *A. matudai* in the next decade, unless conservation actions oriented at improving forest protection and connectivity on and near Volcán Atitlán are promoted. Photo



Figura 2. Mapa de distribución de *Abronia matudai*. Los puntos verdes corresponden a las localidades previas conocidas (Campbell & Muñoz-Alonso, 2013). El punto rojo corresponde la nueva localidad registrada para *A. matudai* en la Reserva Natural Privada “Refugio del Quetzal” en la falda sur del Volcán Atitlán, Suchitepéquez, Guatemala. Mapa: Francisco Castillo-Obregón.

Figure 2. Distribution map of *Abronia matudai*. The green dots correspond to the previously known localities (Campbell & Muñoz-Alonso, 2013). The red dot corresponds to the new record locality for *A. matudai* in Reserva Natural Privada “Refugio del Quetzal” on the southern slope of Atitlán Volcano, Suchitepéquez, Guatemala. Map: Francisco Castillo- Obregón.

vouchers for our new record are deposited in the Colecciones Biológicas of the Universidad del Valle de Guatemala (UVG F000088).

Acknowledgements.— Research was done under Research Permit # DVCB 12-2021 and Collection Permit # B 01027 issued by CONAP to Daniel Ariano-Sánchez. The work carried out during this study followed the “Guidelines for use of live amphibians and reptiles in field and laboratory research” approved by the American Society of Ichthyologists & Herpetologists (Herpetological Animal Care and Use Committee 2004). We thank José Monzón, Faustino Camposeco, Francisco Carrillo and Milvian Salcedo from CEAB-UVG and to the students of the Environmental Assessment course at UVG for their help during the fieldtrip where the specimen was discovered.

Thanks to Departamento de Biología UVG for field equipment support. Thanks to Gerardo Estrada from Colecciones Biológicas UVG for his help in registering the photographic voucher. We also thank the anonymous reviewers for comments and suggestions that improved the manuscript.

CITED LITERATURE

- Campbell, J. & A. Muñoz-Alonso. 2013. *Abronia matudai*, in: IUCN Red List of threatened species. Version 2020. e.T63682A3128085. <http://www.iucnredlist.org> [Consulted in March 2023]
- Campbell, J.A. & R.D. 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.
- Contreras-Díaz, R.G., J. Nori, X. Chiappa-Carrara, A.T. Peterson, J. Soberón & L. Osorio-Olvera. 2023. Well-intentioned initiatives hinder understanding biodiversity conservation: cloaked iNaturalist information for threatened species. Biological Conservation 282:110042.
- GBIF. 2023. *Abronia matudai* occurrence download. <https://doi.org/10.15468/dl.kwkbzp>, [Consulted in July 2023]
- Hartweg, N., & J.A. Tihen. 1946. Lizards of the genus *Gerrhonotus* from Chiapas, Mexico. Occasional Papers of the Museum of Zoology, University of Michigan 497:1-16.
- Köhler, G. 2003. Reptiles of Central America. Herpeton, Verlag Elke Köhler, Offenbach, Germany.
- Senckenberg. Collection Herpetology SMF. <https://www.gbif.org/occurrence/3028153418>, [Consulted in July 2023]
- Universidad del Valle de Guatemala. 2023. Colecciones Biológicas – Reptiles– *Abronia matudai* occurrence download. <https://doi.org/10.15468/h7fw2y>, [Consulted in July 2023]



AMPLIACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE *LEPTODEIRA SEPTENTRIONALIS POLYSTICTA* (SQUAMATA: DIPSADIDAE) EN HONDURAS, CON COMENTARIOS SOBRE SU BIOGEOGRAFÍA

EXTENDED DISTRIBUTION OF *LEPTODEIRA SEPTENTRIONALIS POLYSTICTA* (SQUAMATA: DIPSADIDAE) IN HONDURAS, WITH COMMENTS ON ITS BIOGEOGRAPHY

Cristopher A. Antúñez-Fonseca^{1*}, Walter J. Alvarado-Ortíz², Oscar R. Suazo-Ortega², Alejandro J. Salguero-Sánchez³ & César L. Barriso-Amorós⁴

¹Departamento de Ambiente y Desarrollo, Centro Zamorano de Biodiversidad, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Valle de Yeguate, Francisco Morazán, Honduras.

²Escuela de Biología, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Ciudad Universitaria, Tegucigalpa MDC, Francisco Morazán, Honduras.

³Departamento de Biología, Escuela de Biología, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Ciudad Universitaria, Tegucigalpa MDC, Francisco Morazán, Honduras.

⁴CRWild, Costa Rica (www.crwild.com).

*Correspondencia: caantunez1994@gmail.com

Received: 2023-03-23. Accepted: 2023-07-25. Published: 2023-08-09.

Editor: César Antonio Ríos-Muñoz, México.

Leptodeira Fitzinger, 1843 es uno de los géneros de serpientes más comunes y con amplia distribución en América tropical (Duellman, 1958; Barrio-Amorós, 2019; Torres-Carvajal et al., 2020). Este género presenta una taxonomía compleja, por lo que el uso de *nomina* (en el sentido de Dubois, 2000) para varias poblaciones ha sido confuso (ver Duellman, 1958; Mulcahy, 2007; Daza et al., 2009; Barrio-Amorós, 2019; Torres-Carvajal et al., 2020; Costa et al., 2022). En la actualidad se reconocen 19 especies dentro del género *Leptodeira* (Uetz et al., 2023), donde algunas han causado polémica al ser reconocidas formalmente como especies o subespecies (Mulcahy, 2007; Daza et al., 2009; Barrio-Amorós, 2019; Costa et al., 2022). Recientes estudios taxonómicos han generado la descripción de dos especies, *L. misinawui* (Torres-Carvajal et al., 2020) y *L. tarairiu* (Costa et al., 2022a, b), mientras que *L. approximans*, ha sido revalidada como especie (Costa et al., 2022). Sin embargo, aún se necesitan estudios de sistemática de varios complejos de especies debido a que sus relaciones filogenéticas no están resueltas. Nuevas aproximaciones en taxonomía integrativa pueden aumentar la diversidad de este género a causa de la descripción de nuevas especies y el posible reconocimiento de subespecies como especies (Costa et al., 2022).

Leptodeira septentrionalis polysticta, originalmente descrita como *L. polysticta* por Günther (1895) forma parte de la familia Dipsadidae (*sensu stricto* Zaher et al., 2009), tribu Imantodini

(Mulcahy, 2007; Myers, 2011). Es de actividad nocturna, con pupila elíptica, hábitos terrestres, arborícolas y hasta semiacuáticos, asociada usualmente a cuerpos de agua (Campbell, 1998; McCranie, 2011). Su alimentación se compone principalmente de peces, anuros, salamandras, pequeñas lagartijas y otras serpientes (Duellman, 1958; Campbell, 1998; McCranie, 2011; Torres-Carvajal et al., 2020). Se distribuye desde el sur en el Pacífico y el este en el Atlántico de México hasta El Salvador en el Pacífico y Honduras en el Atlántico, desde el nivel del mar hasta los 2,300 m de elevación (Campbell, 1998). Debido a que las poblaciones de Nicaragua y Costa Rica no han sido evaluadas filogenéticamente, su estatus taxonómico no ha sido claramente definido, por lo que se desconoce si pudieran ser atribuidas a este mismo taxón (Costa et al., 2022).

Por mucho tiempo *L. polysticta* fue considerada como subespecie de *L. septentrionalis* (Duellman, 1958), aunque posteriormente otros autores la han reconocido como especie plena (Campbell, 1998; Wallach et al., 2014; Barrio-Amorós, 2019). En Honduras McCranie & Wilson (2003), McCranie & Castañeda (2005), McCranie (2011) y Townsend et al. (2012) han mencionado a los ejemplares de este taxón como *L. septentrionalis*. Costa et al. (2022) proponen a *L. polysticta* como subespecie de *L. septentrionalis*, debido a que sus resultados no son concluyentes para considerarla como especie plena, considerando que *L. polysticta/septentrionalis* es un complejo de

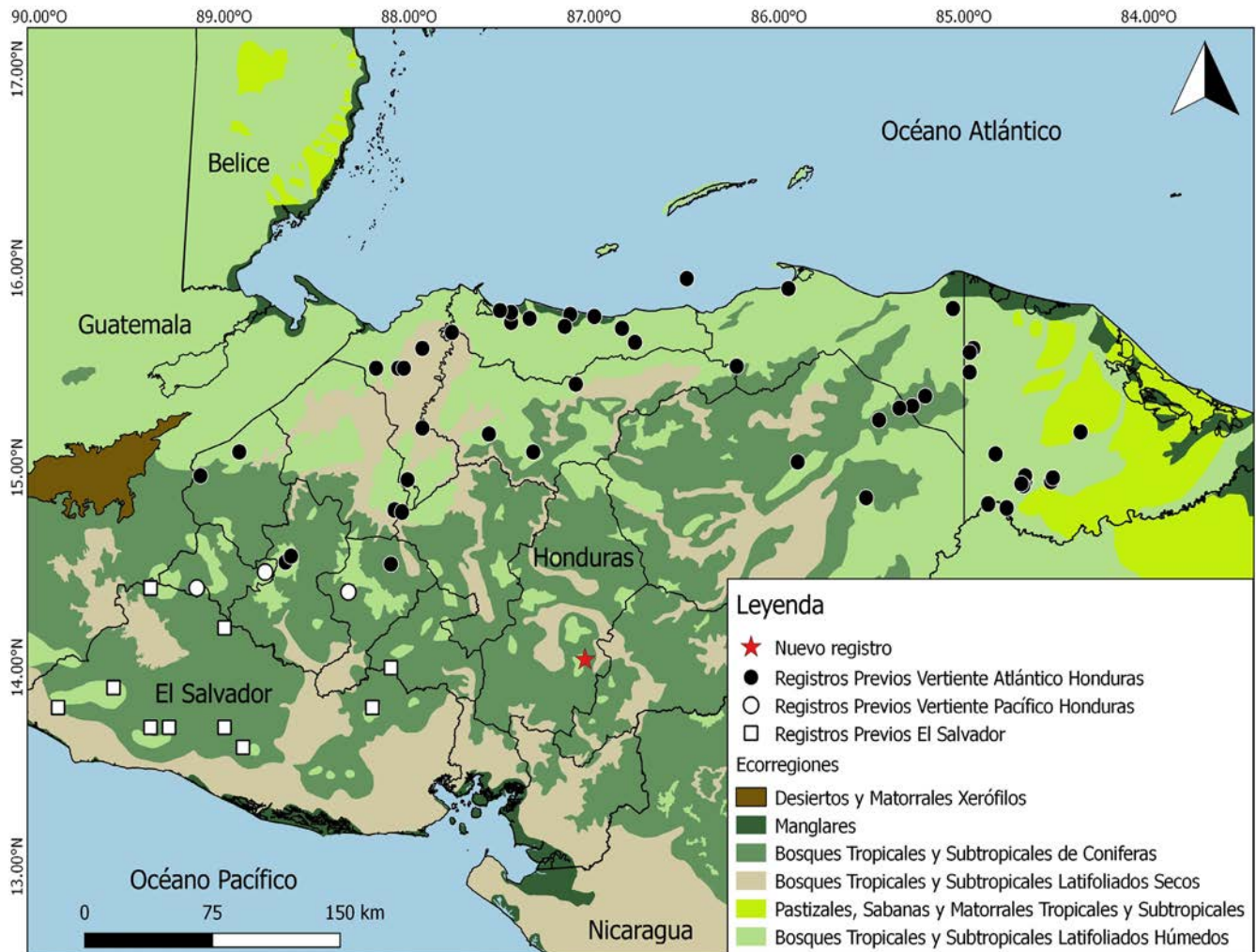


Figure 1. Map of the distribution of *Leptodeira septentrionalis polysticta* in Honduras and El Salvador, with ecoregions based on Dinerstein et al. (2017).

Figura 1. Mapa de la distribución de *Leptodeira septentrionalis polysticta* en Honduras y El Salvador, con sus ecorregiones basadas en Dinerstein et al. (2017).

especies. Por el momento, y a falta de una conclusión sobre el estatus taxonómico de esta especie, seguimos a Costa et al. (2022) en su denominación del taxón a nivel subespecífico.

Costa et al. (2022) basado en las propuestas de Campbell (1998) y Barrio-Amorós (2019) determinan una situación compleja, con 4 taxones asociados al nombre de *L. septentrionalis*. En su árbol filogenético consideran la subespecie *L. s. septentrionalis* de Texas en Estados Unidos (subespecie nominal) como grupo hermano del linaje 1 de *L. s. polysticta*, distribuido al este de Oaxaca y posiblemente presente en Veracruz en México que conforman la entidad 1. El linaje y entidad 2 se encuentra en Veracruz, Tabasco y la Península de Yucatán en la planicie costera del Golfo de México (*sensu* Mata-Silva et al., 2015) al sureste de México, Guatemala, Belice (localidad tipo de *L. polysticta*) y Honduras,

siendo el grupo hermano de *L. s. septentrionalis* y del linaje 1 de *L. s. polysticta* (Costa et al., 2022). El linaje y entidad 3 se encuentra presente desde el noroeste de México hasta el Salvador por la costa del Pacífico, sin tener aún muy claro todavía el panorama filogenético, se ha propuesto como grupo hermano del grupo previamente descrito que incluye a *L. s. septentrionalis* y los linajes 1 y 2 de *L. s. polysticta* (Costa et al., 2022).

Finalmente, se reconoce una población sin estudios filogenéticos que se distribuye entre Nicaragua y Costa Rica, propuesta como la entidad 4 (Duellman, 1958; Costa et al., 2022). En este trabajo reportamos la localidad más al sur de *L. septentrionalis polysticta* dentro de Honduras y la cuarta localidad para la vertiente del Pacífico en este país; en adición discutimos ciertos aspectos taxonómicos y biogeográficos.



Figure 2. Individual of *Leptodeira septentrionalis polysticta* CZB-HSE001 photographed weeks after being preserved, after being found dead. Photo: ORSO.

Figura 2. Individuo de *Leptodeira septentrionalis polysticta* CZB-HSE001 fotografiado semanas después de ser preservado, tras ser hallado muerto. Foto: ORSO.

Honduras: Departamento de Francisco Morazán: Municipio de San Antonio de Oriente, en la berma de la carretera principal a la altura de la Aldea Joya Grande, a unos 40 metros de un pequeño arroyo, específicamente en el kilómetro 21 de la carretera CA-6 que se dirige de Tegucigalpa a Danlí 14.03534° N, 87.05339° W, WGS 84, a 1,246 m s.n.m.(Fig. 1). El 1 de enero del 2023, a las 10:15 h, WJAO encontró una hembra adulta de *L. s. polysticta* (Fig. 2), el individuo estaba muerto y comenzando a presentar signos de descomposición. La localidad que reportamos está a 117 km al este de la más cercana reportada en Frontera Nahuaterique, Departamento de Morazán, El Salvador, en la vertiente del Pacífico y a 125 km al sureste de la más cercana ubicada en La Rodadora, Departamento de Intibucá, Honduras en la vertiente del Atlántico. Este espécimen se depositó en la colección herpetológica del Centro Zamorano de Biodiversidad en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Valle de Yeguaré, Departamento de Francisco Morazán, Honduras (CZB-HSE001), bajo el permiso ICF-DVS-03-2023 emitido por el Departamento de Vida Silvestre del Instituto Nacional de Conservación Forestal (ICF).

El registro aquí reportado de *L. septentrionalis polysticta* es el más meridional en Honduras, siendo la primera localidad para el departamento de Francisco Morazán y la cuarta para la vertiente del Pacífico, luego de las reportadas en los departamentos de Ocotepeque (2) e Intibucá (1), las demás localidades conocidas se encuentran en la vertiente del Atlántico en el país (ver Fig. 1, basada en McCranie, 2011 para las localidades en Honduras). Consideramos que la localidad aquí reportada amplía la distribución para la vertiente del Pacífico de *L. septentrionalis polysticta* (ver Fig. 1 para las localidades con especímenes para El Salvador referidas a *L. septentrionalis* GBIF, 2023a y *L. polysticta* GBIF, 2023b), lo que podría corresponder a la localidad más oriental conocida actualmente para el linaje 3, asociada a la vertiente del Pacífico (*sensu* Costa et al., 2022), debido a que su distribución es considerada desde el sur de Sinaloa en México hasta el noroeste de El Salvador (Daza et al., 2009; Costa et al., 2022), estudios filogenéticos posteriores podrían separar las poblaciones con la de la vertiente del Atlántico (linaje 3 vs linaje 2 de Costa et al., 2022).

Morfológicamente nuestro espécimen de la vertiente del Pacífico (CZB-HSE001) se distingue poco de los ejemplares de la vertiente del Atlántico, pudiendo pasar inadvertido como simple variación, como parece haber sucedido con USNM 319949 de Intibucá, el único espécimen de la vertiente del Pacífico incluido en la revisión morfológica y de coloración (ver comparación morfológica con McCranie, 2011 y de coloración con Duellman, 1958 en la Tabla 1). El único valor que sobresale es el de 97 escamas subcaudales vs. 83-95 de una muestra mucho mayor. Por lo tanto, obtener mayor número de muestras de esta localidad y zonas aledañas podría tener importantes implicaciones taxonómicas para un análisis enfocado a resolver el complejo de especies *L. septentrionalis/polysticta*. Creemos que incluir en análisis futuros las poblaciones de Nicaragua y Costa Rica propuestas como

entidad 4 por Costa et al. (2022) debido a que no han sido tratadas filogenética, podría ayudar a entender mejor las relaciones en este complejo y con el complejo de *L. ornata* del sur de Centroamérica (Duellman, 1958; Barrio-Amorós, 2019; Costa et al., 2022).

Agradecimientos. – Agradecemos a Hermes Armijo, Michelle Acosta, Cesar Molina, Marcela Martínez y Marcela Ponce por el apoyo en la revisión de la morfología de nuestro espécimen. amos las gracias a Anthonie Andino por facilitarnos parte de la literatura involucrada en este trabajo, también a Eric Van der Berghe y Ricardo Peraza del Centro Zamorano de Biodiversidad de la EAP Zamorano por facilitarnos el código de voucher de nuestro espécimen. Además, agradecemos a Marcio Martínez del Departamento de Vida Silvestre del ICF quien amablemente nos facilitó la constancia de aprobación para colecta del

Table 1. Comparison of the morphometrics and color pattern of *Leptodeira septentrionalis polysticta*. We define the following signs and initials below: (/)= number of scales on the left and right side of the head, U= usually, I= unusually.

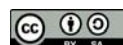
Tabla 1. Comparación de la morfometría y patrón de color de *Leptodeira septentrionalis polysticta*. Definimos los siguientes signos e iniciales a continuación: (/)= número de escamas al lado izquierdo y derecho de la cabeza, U= usualmente, I= inusualmente.

Morfometría	CZB-HSE001	McCranie (2011)
Longitud total	761.5 mm	254-720 mm
Longitud hocico-cloaca	576 mm	197-632 mm
Longitud de la cola/longitud total	0.243	0.224-0.296
Escamas ventrales	206	189-206
Escamas subcaudales	97	83-95
Escamas preoculares	2	2-3 (U= 3)
Escamas postoculares	2	1-2 (U= 2)
Escamas supralabiales	8/8	7-8 (U= 8)
Escamas infralabiales	10/10	9-11 (U= 9)
Supralabiales contactando el ojo	4-5	4-5
Escamas temporales	1 + 2 / 1 + 2	1 + 2 (I= 1+1 o 1+3)
Patrón de Color	CZB-HSE001	Savage (1958)
Manchas nucales	2	2
Franja nual	1	1
Manchas oscuras dorsales	63	38-70
Numero de escamas que abarcan las manchas oscuras dorsales	5-8	5-7
Disposición de las manchas oscuras laterales	La mayoría intercaladas con las manchas oscuras dorsales	Intercaladas con las manchas oscuras dorsales
Manchas oscuras de la cola	Reducen su tamaño y aumentan su distancia hacia el final	Hilera irregular de manchas oscuras en la cola

espécimen y la publicación de este trabajo; Marcio es un biólogo que se preocupa por apoyar la investigación de la biodiversidad hondureña. Por último, agradecemos al editor y dos revisores anónimos por sus comentarios y sugerencias para mejorar nuestro trabajo.

LITERATURA CITADA

- Barrio-Amorós, C.L. 2019. On the taxonomy of snakes in the genus *Leptodeira*, with an emphasis on Costa Rican species. *Reptiles & Amphibians* 26:1-15.
- Costa, J.C.L., R. Graboski, F.G. Grazziotin, H. Zaher, M.T. Rodrigues & A.L.C. Prudente. 2022a. Reassessing the systematics of *Leptodeira* (Serpentes, Dipsadidae) with emphasis in the South American species. *Zoologica Scripta* 51:414-432.
- Costa, J.C.L., R. Graboski, F.G. Grazziotin, H. Zaher, M.T. Rodrigues, & A.L.C. Prudente. 2022b. Corrigendum to the paper: reassessing the systematics of *Leptodeira* (Serpentes, Dipsadidae) with emphasis in the South American species. *Zoologica Scripta* 51: 614-615.
- Campbell, J.A. 1998. The Amphibians and Reptiles of Northern Guatemala, Yucatán, and Belize. University of Oklahoma Press, Norman, Oklahoma, USA.
- 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.
- Dinerstein, E., D. Olson, A. Joshi, C. Vynne, N.D. Burgess, E. Wikramanayake, N. Hanh, S. Palminteri, P. Hedao, R. Noss, M. Hansen, H. Locke, E.C. Ellis, B. Jones, C.V. Barber, R. Hayes, C. Kormos, V. Martín, E. Crist, W. Sechrest, L. Price, J.E.M. Baillie, D. Weeden, K. Suckling, C. Davis, N. Sizer, R. Moore, D. Thau, T. Birch, P. Potapov, S. Turubanova, A. Tyukavina, N. de Souza, L. Pintea, J.C. Brito, O.A. Llewellyn, A.G. Miller, A. Patzelt, S.A. Ghanzafar, J. Timberlake, H. Klöser, Y. Shennan-Farpón, N. Kindt, J.B. Lillesø, P. van Breugel, L. Graudal, M. Voge, K.F. Al-Shammari & M. Saleem. 2017. An ecoregion-based approach to protecting half the terrestrial realm. *Bioscience* 67:534-545.
- Dubois, A. 2000. Synonymies and related lists in zoology: General proposals, with examples in herpetology. *Dumerilia* 4:33-98.
- Duellman, W.E. 1958. A monographic study of the colubrid snake genus *Leptodeira*. *Bulletin of American Museum of Natural History* 114:1-152.
- GBIF. 2023a. GBIF Occurrence Download: *Leptodeira septentrionalis*, El Salvador. <https://doi.org/10.15468/dl.2wmmyq> [Consultado en marzo 2023].
- GBIF. 2023b. GBIF Occurrence Download: *Leptodeira polysticta*, El Salvador. <https://doi.org/10.15468/dl.yjwvwb> [Consultado en marzo 2023].
- Mata-Silva, V., J.D. Johnson, L.D. Wilson & E. García-Padilla. 2015. The herpetofauna of Oaxaca, Mexico: composition, physiographic distribution, and conservation status. *Mesoamerican Herpetology* 2:6-62.
- McCranie, J.R. 2011. The snakes of Honduras: systematics, distribution, and conservation. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Ithaca, New York, USA.
- McCranie, J.R. & F.E. Castañeda. 2005. The herpetofauna of Parque Nacional Pico Bonito, Honduras. *Phyllomedusa: Journal of Herpetology* 4:3-16.
- Mulcahy, D.G. 2007. Molecular systematics of neotropical cat-eyed snakes: A test of the monophyly of Leptodeirini (Colubridae: Dipsadinae) with implications for character evolution and biogeography. *Biological Journal of the Linnean Society* 92:483-500.
- Myers, C.W. 2011. A new genus and new tribe for *Enicognathus melanauchen* Jan, 1863, a neglected South American snake (Colubridae: Xenodontinae), with taxonomic notes on some Dipsadinae. *American Museum Novitates* 3715:1-33.
- Torres-Carvajal, O., J.C. Sanchez-Nivicela, V. Posse, E. Celi & C. Koch. 2020. A new species of cat-eyed snake (Serpentes: Dipsadinae: Leptodeirini) from the Andes of southern Ecuador. *Zootaxa* 4895:357-380.
- Townsend, J.H., L.D. Wilson, M. Medina-Flores, E. Aguilar-Urbina, B.K. Atkinson, C.A. Cerrato-Mendoza, A. Contreras-Castro, L.N. Gray, L.A. Herrera-B, I.R. Luque-Montes, M. McKewy-Mejia, A. Portillo-Aviles, A.L. Stubbs & J.D. Austin. 2012. A premontane hotspot for herpetological endemism on the windward side of Refugio de Vida Silvestre Texíguat, Honduras. *Salamandra* 48:92-114.
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar, F. Reyes & J. Hošek (Eds.). 2022. *Leptodeira septentrionalis*. The Reptile Database, <http://www.reptile-database.org>, [Consultado en febrero 2023].



- Wallach, V., K.L. Williams & J. Boundy. 2014. Snakes of the World: a Catalogue of Living and Extinct Species. CRC press, Boca Raton, Florida, USA.
- Wilson, L.D. & J.R. McCranie. 2003. The herpetofauna of the cloud forests of Honduras. *Amphibian and Reptile Conservation* 3:34-48.
- Zaher, H., F.G. Grazziotin, J.E. Cadle, R.W. Murphy, J.C. de Moura-Leite & S.L. Bonatto. 2009. Molecular phylogeny of advanced snakes (Serpentes, Caenophidia) with an emphasis on South American Xenodontines: a revised classification and descriptions of new taxa. *Papéis Avulsos de Zoologia* 49:115-153.



XANTUSIA JAYCOLEI (SQUAMATA: XANTUSIIDAE)

Leonardo Daniel Ponce-Rosales^{1*}, Víctor Hugo Colín-Martínez² & Oswaldo Hernández-Gallegos¹

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

²Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera”, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Ciudad Universitaria 3000, C. P. 04510 Coyoacán, CDMX, México.

*Correspondence: lponce.biocienciasb@gmail.com

Received: 2023-05-08. Accepted: 2023-07-27. Published: 2023-08-10.

Editor: Itzcoatl Maldonado Reséndiz, México.

Xantusia jaycolei Bezy, Bezy & Bolles, 2008 is a rare small-sized lizard, with nocturnal habits endemic to the state of Sonora, Mexico known only from the coast of Sonora in the vicinity of Outlet the Río San Ignacio, 7.5 km south and 6.4 km east of the main town of the Comca'ac (Seri) (Bezy et al., 2008). This species is currently not listed under any category by The IUCN Red List of Threatened Species (IUCN, 2022) and NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2019), but is considered as highly vulnerable according to the Environmental Vulnerability Score

(EVS of 16) by Wilson et al. (2013). Because the EVS is composed of three scales (geographic distribution, ecological distribution and human persecution), when added together, the EVS is obtained. In this case, with the *X. jaycolei* we obtain an example of a highly vulnerable species due to its geographic and ecological distribution.

According to Bezy et al. (2008) *Xantusia jaycolei* differs from all other species of the genus except *X. henshawi*, *X. gracilis*, *X. arizonae*, and *X. bezyi* in that the females lack well-developed



Figura 1. Especimen de *Xantusia jaycolei* en la localidad Puerto Peñasco, Sonora, México. Foto: Leonardo D. Ponce-Rosales.

Figure 1. Specimen of *Xantusia jaycolei* from the locality of Puerto Peñasco, Sonora, Mexico. Photo: Leonardo D. Ponce-Rosales.



Figura 2. Madriguera de *Neotoma* sp. de aproximadamente 1 metro de alto construida debajo de un árbol de Mezquite (*Prosopis glandulosa*). Foto: Leonardo D. Ponce-Rosales.

Figure 2. Burrow of *Neotoma* sp. about 1 meter high built under a Mezquite tree (*Prosopis glandulosa*). Photo: Leonardo D. Ponce-Rosales.

femoral pores (pores absent or marked by shallow depressions versus a conspicuous glandular pore; It differs from *X. riversiana*, *X. henshawi*, *X. gracilis*, and *X. bolsonae* in having fewer longitudinal rows of ventral scales at midbody (12 vs. 14–16); from *X. arizonae*, *X. bezyi*, and *X. sierrae* in having fewer dorsal scales around midbody (36–39 vs. 40–49); from *X. sanchezi* in having more scales around the second caudal whorl (32 – 36 vs. 25 – 28); and from *X. gilberti* in having small scales bordering the labium behind the fifth infralabial.

Mexico, Sonora: Municipality of Puerto Peñasco: 31.31 km West (W) from Puerto Peñasco (31.322608° N, 113.203114° W; WGS 84, 38 m a.s.l.). On December 19, 2022, at 10:25 a.m. Vicente De Luna-Morelos collected an adult male (snout-vent length = 350 mm, Fig. 1) *X. jaycolei* inside a rodent burrow belonging to the genus *Neotoma* sp. (Cricetidae), which was built by organic matter, under a Mesquite tree (*Prosopis glandulosa*, Fig. 2) in microphyllous desert scrub ecosystem. The organism

was captured to take measurements and the photograph of the specimen (MZFC-IMG79) was deposited in the National Collection of Amphibians and Reptiles (NCAR) of the Institute of Biology, UNAM. Robert L. Bezy corroborated taxonomic identity.

To our knowledge, this record is the first for the municipality of Puerto Peñasco, Sonora and is located 216.04 km in a straight line to the North-Northwest (NNW) of the type locality: vicinity of Outlet the Río San Ignacio Sonora, México (29.504537° N, 112.393438° W, approximately elevation of 38 m a.s.l.; Bezy et al., 2008, 2017; Fig. 3). The report of *X. jaycolei* for Puerto Peñasco, Sonora could indicate that its distribution is greater than reported, reaching a large part of the Sonora coast. The scarcity of information about the Cole's Night Lizard could be due to its nocturnal habits and its small size, which complicates its visualization. Our observation also provides information for the refuge sites occupied by *X. jaycolei*, since it had been reported

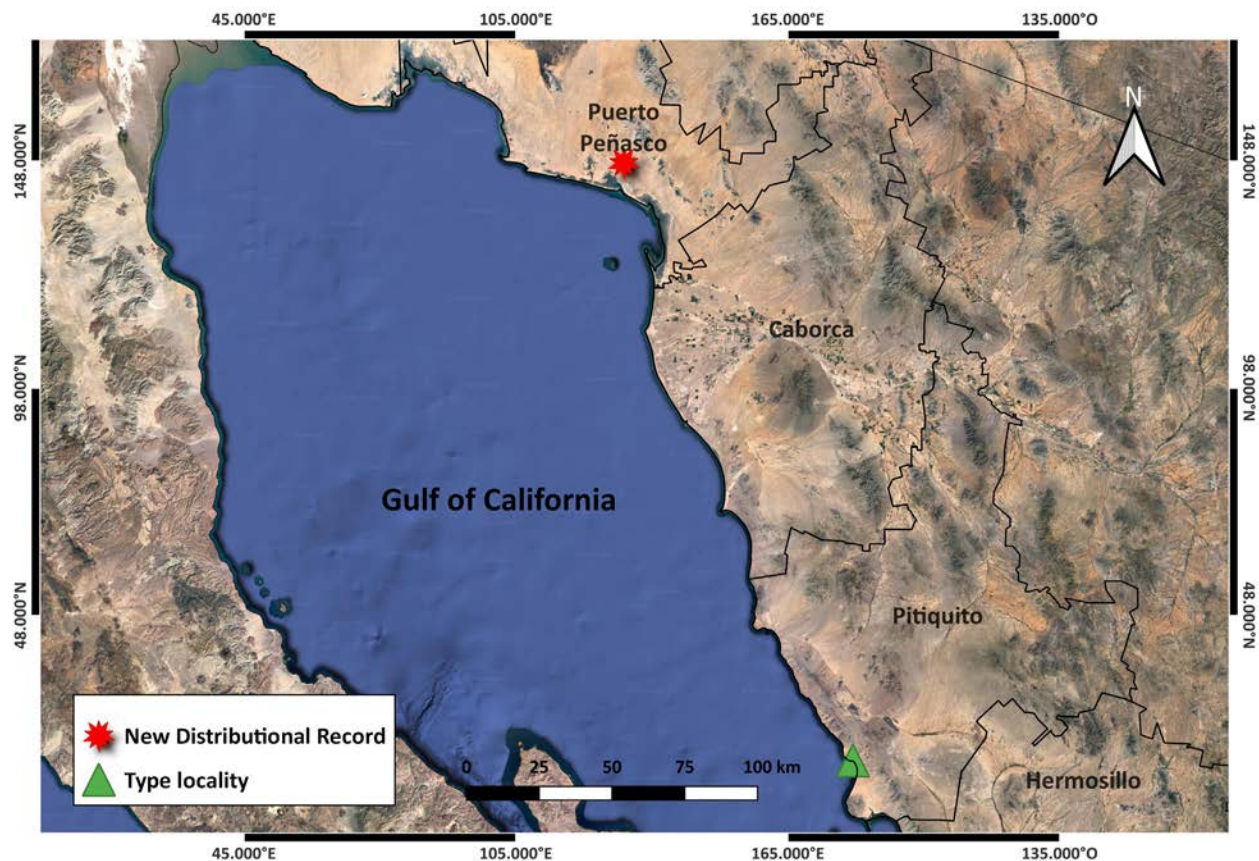


Figura 3. Mapa de distribución de *Xantusia jaycolei*. / Figure 3. Distribution map of *Xantusia jaycolei*.

that these lizards occur in dry rather than moist decaying cacti (*Pachycereus pringlei*), frequently between the bark and the central vascular cylinder (Felger, 1965; Bezy et al., 2008). Due to the low abundance of cacti in the area, *Neotoma* sp. burrows turn out to be one of the few refuge sites available.

Acknowledgments.– To Robert Bezy for his support in corroborating the identification of the organism.

CITED LITERATURE

Bezy, R.L. K.B. Bezy & K. Bolles. 2008. Two new species of Night Lizards (*Xantusia*) from Mexico. *Journal of Herpetology* 42:680-688.

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2019. Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-

especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el jueves 30 de diciembre de 2010, Ciudad de México, México.

Felger, R.S. 1965. *Xantusia vigilis* and its habitat in Sonora, Mexico. *Herpetologica* 21:146-147.

IUCN, 2022. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-2. <https://www.iucnredlist.org> [accessed on 25 November 2022].

Wilson, L.D., V. Mata-Silva & J.D. Johnson. 2013. A conservation reassessment of the reptiles of Mexico based on the EVS measure. *Special Mexico Issue. Amphibian & Reptile Conservation* 7:1-47.



BIOLOGICAL CURIOSITIES ON THE NATURAL HISTORY OF LIZARDS FROM VENEZUELA: SAUROPHAGY OF GONATODES *GONATODES ALBOGULARIS* (DUMÉRIL & BIBRON, 1836) BY *TROPIDURUS HISPIDUS* (SPIX, 1825), AND ATTACK OF *GYMNOPHTHALMUS SPECIOSUS* (HALLOWELL, 1861) BY A LARVA OF *MYRMELEON* SP. (NEUROPTERA)

CURIOSIDADES BIOLÓGICAS SOBRE LA HISTORIA NATURAL DE LAGARTOS DE VENEZUELA: SAUROFAGIA EN *GONATODES ALBOGULARIS* (DUMÉRIL & BIBRON, 1836) POR *TROPIDURUS HISPIDUS* (SPIX, 1825), Y ATAQUE DE *GYMNOPHTHALMUS SPECIOSUS* (HALLOWELL, 1861) POR UNA LARVA DE *MYRMELEON* SP. (NEUROPTERA)

Luis Felipe Esqueda¹, David Briceño², Juan Perdomo³ Gian Carlos Nesta⁴ & Juan Carlos Ortíz⁵

¹Programa Doctorado en Sistemática y Biodiversidad, Universidad de Concepción, Chile.

²Sociedad de Ciencias Naturales, Caracas, Dtto. Capital, Venezuela.

³Investigador Independiente, Santiago, Chile.

⁴Fundación Guayare-ECO, Guarenas-Guatire, Miranda State, Venezuela.

⁵Departamento de Zoología, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, Chile.

*Correspondence: luisfesqueda@gmail.com

Received: 2023-04-05. Accepted: 2023-06-07. Published: 2023-08-10.

Editor: Leticia M. Ochoa-Ochoa, México.

Resumen.— La información documentada sobre las dietas de las lagartijas ha contribuido a una mejor comprensión de la ecología de las especies, las estrategias y las interacciones depredador-presa. Para nuestro país, la información sigue siendo muy discreta. Aquí se reportan dos casos de interacciones anecdóticas: en primer lugar, la depredación de *Gonatodes albogularis* por *Tropidurus hispidus*, y el segundo caso, la ocurrencia de una lagartija de hojarasca *Gymnophthalmus speciosus* atacada por un invertebrado Neuroptera en su estado larvario del género *Myrmeleon*.

Palabras claves.— Ecología, interacciones depredador-presa, norte de Suramérica, reptiles.

Abstract.— Documented information on lizard diets have contributed to a better understanding of species ecology, strategies, and predator-prey interactions. For Venezuela, the information continues to be very discreet. Two cases of interactions are anecdotally reported here: firstly, the predation of *Gonatodes albogularis* by *Tropidurus hispidus*, and secondly, the occurrence of a leaf litter lizard *Gymnophthalmus speciosus* subjugated by a Neuroptera of the genus *Myrmeleon* in its larval stage.

Key words.— Ecology, northern South America, predator-prey interactions, reptiles.

Saurophagy

Knowledge about the predator-prey relationship is a fundamental topic to understand the magnitude and scale of the ecological processes immersed in these interactions, be it through trophic ecology, population (natality-mortality), trajectories of the flows of matter and energy in ecosystems (Abrams, 2000). In the Squamata, lizards-amphisbaenids

and snakes are parts of the continuous or occasional diet of countless vertebrates or invertebrates (Greene, 1988; Vitt & Caldwell, 2009; Natera-Mumaw et al., 2015). Unlike ophiophagy which is considered a dietary specialization (e.g. *Micrurus*; Roze, 1996), saurophagy is an opportunistic nature, although apparently common among many lizard species, being an

increasingly documented (Siqueira & Rocha 2008; Zanchi et al., 2012; Passos et al., 2016; Pergentino et al., 2017).

The genus *Tropidurus* Wied, 1825 is constituted of 28 spp. (Uetz et al., 2023), which are known to be ambush foragers with generalist and opportunistic feeding habits (Kolodiuk et al., 2010). In general, its diet is mainly based on invertebrates (Van Sluys et al., 2004; Gomides et al., 2013; Siquiera et al., 2013), it also consumes fruits (Pérez et al., 2009; Gomides et al., 2013) and other small vertebrates such as birds (Guedes et al., 2017), mammals (Gasparini & Peloso 2007), amphibians (Costa et al., 2010; Beltrão-Mendes, 2017) and reptiles, like snakes and lizards (Pergentino et al., 2017; Salcedo et al., 2022).

Our sighting occurred in the city of Valle de la Pascua, Leonardo Infante municipality, Guárico state, north of the Orinoco River (9°13'1.83" N; 65°58'46.01" W, 185 m a.s.l.), on March 2023 at 10:30 AM (approximately 28 °C), where an adult individual of *Tropidurus hispidus* (Spix, 1825) was perched on the trunk of a tree, beginning to engulf an adult male of *Gonatodes albogularis* (Duméril & Bibron, 1836). Part of the prey body were completely inside the lizard's mouth, close to the forelimbs and being able to observe the head of a male (Fig. 1). In Venezuela, the diversity of lizards is significant with ~162 species (Rivas et al., 2012; Esqueda *in prep.*), although documented information regarding saurophagy be scarce. Only two documented cases are known, *Hemidatylos mabouia* (Rojas-Runjaic et al., 2006) and *Hemidatylos frenatus* (Salcedo et al., 2022), both preyed on by *T. hispidus*.

Physiological conditions and ecological context are drivers that constantly modify behavioral responses with respect to predator-prey interactions. Today, anthropogenic biomes (antromes) have largely replaced natural, pristine environments in the most biodiverse regions of the planet, nearly twice the global land area (Ellis, 2013). These novel landscapes take the form of multifunctional mosaics where the used areas and those where the environments have not undergone alteration are mixed, and consequently we can contemplate biotic communities (e.g. native and/or foreign reptiles) whose dimension of predator-prey interactions are indeterminate and less explored in South American species. Many anthropic landscapes are characterized by a simplified resource structure and a general loss of ecological niches, where colonizing or remaining taxa are often exposed to novel selective pressures (Tews et al., 2004), being then the antromes ecological novelties that can change the spatial and temporal overlap between predators and prey (Guiden et al., 2019).

In this respect, *T. hispidus* (predator) and *G. albogularis* (prey) are very frequent lizards in Venezuelan antromes (*obs. pers.*, Luis Felipe Esqueda; Andrade, 2019), taking advantage of either human constructions or existing vegetation that may or may not combine with different elements (e.g., exotic flora). In



Figure 1. Predation of *Gonatodes albogularis* by an adult of *Tropidurus hispidus*. Photo: David Briceño©.

Figura 1. Depredación de *Gonatodes albogularis* por un adulto de *Tropidurus hispidus*. Foto: David Briceño©.

addition, both species are heliothermic, generalists as far as diet is concerned, and ambush predators. To *G. albogularis* there is a marked sexual dimorphism associated with the color pattern, where females have a light brown back and head with dark spots, while in males there is a very striking reddish coloration on the head and anterior third of the body. In historical environments (non-anthropic) such as a forest, both patterns are favored by landscape because it facilitates camouflage; contrarily case occurs with the antromes, which decrease crypsis in males. On the other hand, such environments are strongly seasonal, which leads to renouncing anti-predator behaviour and favouring foraging and reproduction. So, organisms living in urban habitats face multiple challenges, including a highly altered ecosystem with different types of perches and refuge sites. According to optimal escape theory (Ydenberg & Dill, 1986), refuge distances greatly influence escape responses. Heliothermic lizards are known to alter their activity and exposure rate by changing the use of their microhabitat when faced with potential predation risks (Greene, 1988; Carrascal et al., 1992). However, this change may benefit a lizard by making it more to visually oriented predators (Schwarzkopf & Shine, 1992), just as it could occur with *T. hispidus*.

Both saurophagy and cannibalism seem to be frequent in members of the genus *Tropidurus* and their occurrence is mostly associated with these ecosystems called antromes (Kokubum & Lemos, 2004; Pergentino et al., 2017; Ventura-Reis et al., 2017; Mascarenhas-Junior et al., 2021; Salcedo et al., 2022). Although a positive relationship between body size and niche breadth is a general pattern in macroecology, there is evidence that predators have a decrease in dietary niche breadth with increasing size (Beckerman et al., 2006), as has been reported in tropidurid and teiids lizards (Costa et al., 2008), which suggests that consuming small prey in these highly seasonal and anthropized environments does not seem to be an optimal feeding strategy.

Subjugation by an invertebrate

At present, one of the most fascinating, transcendent and consideration aspects in ecological studies is predator-prey interactions (Berryman, 1992). Its development and discussion have been mainly subordinated to the central role of the search for food in the life of predators and their prey, and the dynamics of predation at the population level, due to the anthropogenic modification of natural ecosystems (Muhly et al., 2011; Guiden et al., 2019). In this context, the predation of vertebrates by invertebrates has classically been little explored and, therefore, underestimated, despite the fact that many invertebrates (e.g., arthropods) could be important predators of small vertebrates

(Nordberg et al., 2018; Reyes-Olivares et al., 2020; Valdez, 2020).

In insects, there is a wide variety of strategies for capturing and subjugating their prey. For the same species, adults and/or larvae can adopt different predatory strategies (Mogi, 2007; Mukherjee & Heithaus, 2013). For example, the so-called larval ant lions of lacewings (Neuroptera: Myrmeleontidae), specifically members of the genus *Myrmeleon* Linnaeus, 1767 seem mostly “sit-and-wait” foragers, feeding by constructing pit traps (Lucas, 1982). In general, its diet usually consists of ants and soil arthropods (Griffiths, 1980; Heinrich & Heinrich, 1984). These larvae capture prey using their extensible long jaws, in addition to releasing venom or digestive secretions (Cohen, 1995). Although it is not very clear, the venom could derive from a maxillary gland or be involved in the alimentary canal, and its toxins would be elaborated by bacterial symbionts in the intestine. The venom contains a potent toxin with paralytic action, comparable to the peptides and alkaloids used by most arthropods to subdue their prey (Walker et al., 2018), even 130 times higher than tetrodotoxin on a molar basis (Matsuda et al., 1995).

The event occurred in a Pine plantation stand (Uverito), situated in Monagas state, Eastern part of Venezuela. A somewhat leaning tree, with the bark detached, close to its base, a specimen of *Myrmeleon* sp. in its third stage, had captured and subjugated an adult individual of *Gymnophthalmus speciosus* (Hallowell, 1861), using its long jaws (Fig. 2). Due to the lizard's flaccid position, with its front and hind limbs clearly extended, it was assumed that the Antlion larva had injected its venom (after the sighting, no follow-up was carried out because the person was working in the plantations). Ant lions present behavioral predation actions whose first movements are a quick attack followed by a hard pressure of the jaw against the victim (Napolitano, 1998). Although trap-pit construction is the best-known antlion behavior, only about one-third of all Myrmeleontid species are known to adopt this tactic (Machado et al., 2019). In fact, most larvae are passive or active predators that capture their prey without the use of traps, and these can be found in a variety of microhabitats, including under sand or other debris, tree holes, caves, rock surfaces (Stang, 1980; Mansell, 1999).

Unraveling food webs can be quite challenging, considering the time and resources involved in studying a particular group of organisms (e.g. reptiles). However, understanding such interactions becomes essential in the ecology of communities and populations, even more, when anthropogenic activities



Figure 2. Attack by a *Myrmeleon* larva (Neuroptera) on an adult of *Gymnophthalmus speciosus*. Photo: Juan Perdomo©.

Figura 2. Ataque de una larva de *Myrmeleon* (invertebrado) sobre un individuo adulto de *Gymnophthalmus speciosus*. Foto: Juan Perdomo©.

grow and intensify their effect on natural ecosystems. Important knowledge gaps in this regard exist for terrestrial systems, especially the role of invertebrates as predators of small ectothermic vertebrates. Our incidental and anecdotal finding, as far as we know, is the first record of a *Myrmeleon* sp. larvae attacking on a leaf litter lizard however since no follow up was perform we cannot confirm the predation event, although it is very likely to have happened. It is also important to emphasize that this event should be viewed as opportunistic, as it could have started as a defense mechanism; it is important to stress that *Myrmeleon* larvae are capable of modulating attack kinematics with respect to the location of their prey. The modulation occurs mainly through angular velocity variations of the two jaws, reducing the chances of prey escape (Lambert et al., 2011).

Therefore, it is possible that attacks and predation of small-leaf litter lizards are more frequent in this group of invertebrates.

Acknowledgements.— To Dra. Vivia Jérez, Concepción University, Department of Zoology, for his valuable support in verifying the correct identification of Neuroptera in its larval phase. This work was partiality supported by the University of Concepción, Chile, under Grant VRID UdeC CA-007.05.

LITERATURE CITED

Abrams, P.A. 2000. The evolution of predator-prey interactions: theory and evidence. *Annuals Review Ecology System*, 31:79-105.

- Andrade, A.C. Metropolitan lizards? Urbanization gradient and the density of lagartixas (*Tropidurus hispidus*) in a tropical city. *Ecology and Evolution* 10:1740-1750.
- Beckerman, A.P., O.L. Petchey & P.H. Warren. 2006. Foraging biology predicts food web complexity. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 103:13754-13749.
- Beltrão-Mendes, R. 2017. Natural history notes. *Tropidurus hispidus* (Neotropical Ground Lizard). Diet and prey capture. *Herpetological Review* 48:201-202.
- Carrascal, L.M., P. López, J. Martín & A. Salvador. 1992. Basking and anti-predator behavior in a high altitude lizard: implications of heat-exchange rate. *Ethology* 92:143-154.
- Carvalho, A.L.G., M.R. Britto & D.S. Fernandes. 2013. Biogeography of the lizard genus *Tropidurus* Wied-Neuwied, 1825 (Squamata: Tropiduridae): distribution, endemism, and area relationships in South America. *PloS One* 8:e59736.
- Cohen, A.C. 1995. Extra-oral digestion in predaceous terrestrial arthropoda. *Annual Review Entomology* 40:85-103.
- Costa, G.C., L.J. Vitt, E.R. Pianka, D. Mesquita & G. Colli. 2008. Optimal foraging constrains macroecological patterns: body size and dietary niche breadth in lizards. *Global Ecology and Biogeography* 17:670-677.
- Costa, J.C.L., P.R. Manzani, M.P.L. Brito & A.O. Maciel. 2010. *Tropidurus hispidus* (Calango). Prey. *Herpetological Review* 41:87.
- Ellis, E.C. 2013. Sustaining biodiversity and people in the world's anthropogenic biomes. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5:368-372.
- Frost, D.R., M.T. Rodrigues, T. Grant & T.A. Titus. 2001. Phylogenetics of the lizard genus *Tropidurus* (Squamata: Tropiduridae: Tropidurinae): direct optimization, descriptive efficiency, and sensitivity analysis of congruence between molecular data and morphology. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 21:352-371.
- Gasparini, J.L. & P.L. Peloso. 2007. *Tropidurus torquatus* (Brazilian Collared Lizard). Diet. *Herpetological Review* 38:464.
- Gomides, S.C., L.B. Ribeiro, V.M. Peters & B.M. Sousa. 2013. Feeding and reproduction ecology of the lizard *Tropidurus torquatus* (Squamata: Tropiduridae) in a rock outcrop area in southeastern Brazil. *Revista Chilena de Historia Natural* 86:137-151.
- Greene, H.W. 1988. Anti-predator mechanisms in reptiles. Pages 1-152 In C. Gans, R.B. Huey (Eds.). *Biology of the Reptilia*. Volume 16. Alan R. Liss, New York, New York, USA.
- Griffiths, D. 1980. The feeding biology of ant-lion larvae: prey capture, handling and utilization. *Journal Animal Ecology* 49:99-125.
- Guedes, T.B., F.H.B. Miranda, L.M.N. Menezes, M. Pichorim & L.B. Ribeiro. 2017. Avian predation attempts by *Tropidurus hispidus* (Spix, 1825) (Reptilia, Squamata, Tropiduridae). *Herpetology Notes* 10:45-47.
- Guiden, P.W., S.L. Bartel, N.W. Byer, A.A. Schipley & J.L. Orrock. 2019. Predator-prey interactions in the Anthropocene: reconciling multiple aspects of novelty. *Trends in Ecology & Evolution* 34:616-627.
- Heinrich, B. & M.J.E. Heinrich. 1984. The pit-trapping foraging strategy of the antlion, *Myrmeleon immaculatus* DeGeer (Neuroptera: Myrmeleontidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 14:151-160.
- Huey R.B. & E.R. Pianka. 1981. Ecological consequences of foraging mode. *Ecology* 62:991-999.
- Kokubum, M.C. & F.G. Lemos. 2004. *Tropidurus torquatus* (Calango). Saurophagy. *Herpetological Review* 35:270-271.
- Kolodiuk M.F., L.B. Ribeiro & E.M.X. Freire. 2010. Diet and foraging behavior of two species of *Tropidurus* (Squamata, Tropiduridae) in the Caatinga of northeastern Brazil. *South American Journal of Herpetology* 5:35-44.
- Lambert, E.P., P.J. Motta & D. Lowry. 2011. Modulation in the feeding prey capture of the Ant-lion, *Myrmeleon crudelis*. *Journal Experimental Zoology* 315:602-609.
- Lucas, J.R. 1982. The biophysics of pit construction by antlion larvae (*Myrmeleon*, Neuroptera). *Animal Behavior* 30: 651-664.
- Machado, R.J.P., J.P. Gillung, S.L. Winterton, I.J. Garzón-Orduña, A.R. Lemmon, E. Moriarty-Lemmon & J.D. Oswald. 2019. Owlflies are derived antlions: anchore and phylogenomics supports a new phylogeny and classification of Myrmeleontidae (Neuroptera). *Systematic Entomology* 42:418-450.
- Mansell, M.W. 1999. Evolution and success of antlions (Neuroptera: Neuroptera: Myrmeleontidae). *Stapfi* 60:49-58.



- Mascarenhas-Junior, P.B., D.N. Wanderley, C.S.S. Costa & P.I. Simões. 2021. New predation records: *Tropidurus hispidus* (Spix, 1805) preying *Hemidactylus mabouia* (Moreau and Jonnès, 1818) and *Amphisbaena vermicularis* Wagler, 1824 in Pernambuco, northeastern Brazil. *Herpetology Notes* 14:645-648.
- Matsuda, K., H. Zusuki, F. Nakanishi, K. Shio, K. Komai & K. Nishimura. 1995. Purification and characterization of a paralytic polypeptide from larvae of *Myrmeleon bore*. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 215:167-171.
- Muhly, T.B., C. Semeniuk, A. Massolo, L. Hickman & M. Musiani. 2011. Human activity helps prey win the predator-prey space race. *PLoS one* 6:e17050.
- Mukherjee, S. & M.R. Heithaus. 2013. Dangerous prey and daring predators: a review. *Biological Reviews* 88: 550-563.
- Mogi, M. 2007. Insects and other invertebrate predators. *Journal of the America Mosquito Control Association* 23:93-109.
- Napolitano, I.F. 1998. Predatory behavior of a pit-making antlion, *Myrmelon mobilis* (Neuroptera: Myrmeleontidae). *Florida Entomology Society* 81:562-566.
- Natera Mumaw, M., L.F. Esqueda G. & F.M. Castelaín. 2015. Atlas Serpientes de Venezuela. Una Visión Actual de su Diversidad. Santiago, Chile, pp. 456.
- Nordberg, E.J., L. Edwards & L. Schwarzkopf. 2018. Terrestrial invertebrates: an underestimated predator guild for small vertebrate groups. *Food Webs* 15:e00080.
- Passos, D.C., F.A.C. Monteiro & C.H.D.O. Nogueira. 2016. Dangerous neighborhood: saurophagy between syntopic *Tropidurus* lizards. *Biota Neotropica* 16:1-5.
- Pérez, Z.C., A. Prieto, C. Angulo & L. González. 2009. Hábitos alimentarios del lagarto *Tropidurus hispidus* (Spix, 1825) (Sauria: Tropiduridae) en Araya, estado Sucre e Isla de Coche, estado Nueva Esparta, Venezuela. *Saber* 21:229-234.
- Pergentino, H.E.S., P.A. Nicola, L.C.M. Pereira, I.A. Novelli & L.B. Ribeiro. 2017. A new case of predation on a lizard by *Tropidurus hispidus* (Squamata, Tropiduridae), including a list of saurophagy events with lizards from this genus as predators in Brazil. *Herpetology Notes* 10:225-228.
- Reyes-Olivares, C., A. Guajardo-Santibañez, B. Segura, N. Zañartu, M. Penna & A. Labra. 2020. Lizard predation by spiders: a review from the Neotropical and Andean regions. *Ecology and Evolution* 10:10953-10964.
- Rivas, G.A., C.R. Molina, G.N. Ugueto, T.R. Barros, C.L. Barrio-Amorós & P.J.R. Kok. 2012. Reptiles of Venezuela: an updated and commented checklist. *Zootaxa* 3211:1-64.
- Rojas-Runjaic, F.J.M., A. Ferre A., F. Rivas G.A. & M.Z. Arenas 2006. Natural History Notes. *Tropidurus hispidus* (Thornytail lizard). *Saurophagy. Herpetological Review* 37:474.
- Roze, J.A. 1996. Coral Snakes of the America; Biology, Identification and Venom. Florida, Krieger Publishing Company.
- Salcedo, M., E. Camargo & F.R.M. Rojas-Runjaic. 2022. Observación de un evento de saurofagia del calango *Tropidurus hispidus* sobre el geco exótico invasor *Hemidactylus frenatus*, en un área urbana al norte de Venezuela. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales* 80:11-17.
- Schwarzkopf, L. & R. Shine. 1992. Costs of reproduction in lizards: escape tactics and susceptibility. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 31:17-25.
- Siqueira, C.C. & F.D. Rocha. 2008. Predation by lizard mortality source for juvenile lizards in Brazil. *South American Journal of Herpetology* 3:82-87.
- Siqueira, C.C., M.C. Kiefer, M.V. Sluys & C.F.D. Rocha. 2013. Variation in the diet of the lizard *Tropidurus torquatus* along its coastal range in Brazil. *Biota Neotropica* 13:93-101.
- Stange, L.A. 1980. The ant-lions of Florida. I. Genera. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, division of plant industry. *Entomology Circular* 215:1-4.
- Stephens, D.W. & J.R. Krebs. 1986. *Foraging Theory*. Princeton University Press, Princeton. 274 pp.
- Tews, J., U. Brose, V. Grimm, K. Tielbörger, M.C. Wichmann, M. Schwager & F. Jeltsch. 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography* 31:79-92.
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar & J. Hošek. 2023. The Reptile Database. Available in: <http://www.reptile-database.org> (accessed on March 2023).



- Valdez, J.W. 2020. Arthropods as vertebrate predators: a review of global patterns. *Global Ecology and Biogeography* 00:1-13.
- Van Sluys, M., C.F.D. Rocha, D. Vrcibradic, C.A.B. Galdino & A.F. Fontes. 2004. Diet, activity and microhabitat use of two syntopic *Tropidurus* species (Lacertilia: Tropiduridae) in Minas Gerais, Brazil. *Journal of Herpetology* 38:606-611.
- Ventura-Reis, S.P., L.T. Pinheiro & A.B. Galdino. 2017. *Tropidurus montanus*. Saurophagy. *Herpetology Review* 48:202.
- Vitt, L.J. & J.P. Caldwell. 2009. *Herpetology: an Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. 3rd ed. Academic Press, 697 p.
- Walker, A.A., S.D. Robinson, D.K. Yeates, J. Jin, K. Baumann, J. Dobson, B.G. Fry & G.F. King. 2018. Entomo-venomics: the evolution, biology and biochemistry of insect venoms. *Toxicon* 154:15-27.
- Ydenberg, R.C. & L.M. Dill. 1986. The economics of fleeing from predators. *Advances in the Study Behavior* 16:229-249.
- Zanchi, D., D.C. Passos. & D.M. Borges-Nojosa. 2012. Natural History Notes. *Tropidurus hispidus* (Calango). Saurophagy. *Herpetological Review* 43:141-142.



FIRST OSTEOMYELITIS RECORDS IN NESTING FEMALE TURTLES OF *LEPIDOCHELYS OLIVACEA* (ESCHSCHOLTZ 1829) AT LA ESCOBILLA SANCTUARY, OAXACA, MEXICO

PRIMEROS REGISTROS DE OSTEOMIELITIS EN TORTUGAS HEMBRAS ANIDANTES DE *LEPIDOCHELYS OLIVACEA* (ESCHSCHOLTZ 1829) EN EL SANTUARIO DE LA ESCOBILLA, OAXACA, MÉXICO

Alejandra Buenrostro-Silva^{1,2}, Jesús García-Grajales^{2*}, Petra Sánchez-Nava³ & María de Lourdes Ruíz-Gómez³

¹Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Autónoma del Estado de México. El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca 50295, Estado de México.

²Universidad del Mar campus Puerto Escondido. Km. 2.5 carretera Federal Puerto Escondido-Sola de Vega, 71980, San Pedro Mixtepec, Oaxaca.

³Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca 50295, Estado de México.

*Correspondence: archosaurio@yahoo.com.mx

Received: 2023-05-12. Accepted: 2023-07-14. Published: 2023-08-15.

Editor: Ana Gatica Colima, México.

Resumen.– Proporcionamos los primeros registros de osteomielitis en el caparazón de las tortugas anidantes de *Lepidochelys olivacea* del Santuario La Escobilla, México. La osteomielitis es una enfermedad infecciosa e inflamatoria del hueso cortical, periostio y cavidad mieloide, caracterizada por la necrosis y destrucción del tejido óseo. Hasta ahora, no existían registros de esta enfermedad infecciosa del hueso en la tortuga golfina (*L. olivacea*) en aguas tropicales.

Palabras claves.– Arribada, infección, caparazón, comportamiento letárgico.

Abstract.– We provide the first records of osteomyelitis in carapace of nesting female turtles of *Lepidochelys olivacea* at La Escobilla Sanctuary, Mexico. Osteomyelitis is an infectious and inflammatory disorder of cortical bone, periostio and myeloid cavity, characterized by necrosis and destruction of bone tissue. Until now, there were no records of this infectious bone disorder in tropical waters affecting olive ridley turtles (*L. olivacea*).

Key words.– Arribada, infection, carapace, lethargic behavior.

Anthropogenic activities such as bycatch in fishing gear, entanglement in abandoned fishing gear, illegal trade and consumption have endangered the survival of sea turtle populations worldwide and continue to be predominant threats for sea turtles (Troëng et al., 2005; Godley et al., 2020). These activities interact with biological (predation and competence) and environmental (climate change, pollution, and habitat loss) factors that affect the sea turtle's health, producing a nonbalanced perturbation of one or more body functions (Page-Karjian & Perrault, 2021), including responses to infectious and noninfectious agents (Deem et al., 2000).

In addition, the combined effects of all these threats weaken the immune system of sea turtles, making them more susceptible

to natural diseases (Mashkour et al., 2020). To the best of our knowledge, the most significant threat to turtle mortality is bycatch, followed by targeted capture (for consumption of meat and subproducts) (Wallace et al., 2010; Work & Balazs, 2010; Cáceres-Farias et al., 2022), and as a third factor, diseases (Mashkour et al., 2020); however, their incidences are generally under-reported due to the challenges of sampling wild animals in remote areas (Alfaro et al., 2008) or the lack of specific knowledge related to conservation medicine (Alonso-Aguirre et al., 2012).

Despite this, several diseases such as spirorchiid infection (Chapman et al., 2016), fibropapillomatosis (Reséndiz et al., 2022), and dermatitis (Manire et al., 2008) have been reported

in both free-ranging and captive sea turtles (George, 1997). Currently, there have been reports of diseases affecting the olive ridley sea turtle (*Lepidochelys olivacea*) such as systemic mycosis (Orós et al., 2011), spirorchiid infection (Jerdy et al., 2016), and renal disease (Work et al., 2019). Specifically, in La Escobilla beach has been reported diseases such as fibropapillomatosis (Reséndiz et al., 2015; Buenrostro-Silva et al., 2022), poisoning for consumption of toxic substances (Ley-Quinónez et al., 2020; Buenrostro-Silva et al., 2022), and ulcerative and necrotizing dermatitis (Buenrostro-Silva et al., 2023).

Other disease reported in sea turtles to a lesser extent is osteomyelitis (Om), which is an infectious and inflammatory disorder of the cortical bone, periostio and myeloid cavity, which may affect the axial and appendicular skeleton, may be associated with discoponitis when it involves the intervertebral discs and adjacent cartilaginous terminal plates (Sikes & Kapatkin, 2014; Nevin et al., 2020).

Osteomyelitis is characterized by necrosis and destruction of bone tissue (Llerena Freire et al., 2019). Its pathogenesis is unknown; however, two causes are attributed mainly: 1) to haematogenic spread of bacteria or fungi in affected sites (haematogenic osteomyelitis), and 2) to direct introduction of bacteria as a result of penetrating wounds adjacent to the bone or as a result of foreign body penetration, traumatic injuries, bite wounds or spread soft tissue infections (Sikes & Kapatkin, 2014; Nevin et al., 2020).

Originally, Om was described in humans and mammals, but the first evidence in reptiles was reported by Ogden et al. (1981) in a stranded leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*). Currently, Om has been reported principally in stranded cold-stunned Kemp's ridley sea turtles (*Lepidochelys kempii*) when water temperatures decrease to $< 15^{\circ}\text{C}$ (Solano et al., 2008; Innis et al., 2009; Keller et al., 2012; Powell et al., 2021). Nevertheless, there are no records of this infectious bone disease in the olive



Figure 1. Figura 1. Osteomielitis en el segundo escudo pleural derecho del caparazón de *Lepidochelys olivacea* (Registro de fotografía CNAR-IBH-RF-922). Foto: Jesús García-Grajales.

Figure 1. Osteomyelitis in the second pleural right scute of *Lepidochelys olivacea* carapace (Photo voucher CNAR-IBH-RF-922). Photo: Jesús García-Grajales.

ridley turtle (*L. olivacea*) in tropical waters. Here, we provide the first records of Om in the carapace of nesting female turtles of *L. olivacea* at La Escobilla beach, Mexico.

While conducting a research project focused on assessing the ulcerative and necrotizing dermatitis in nesting olive ridley turtles (*L. olivacea*) at La Escobilla beach in the Mexican Pacific ($15^{\circ} 43' 37''$ N; $96^{\circ} 44' 49.23''$ W), we found three cases of Om on the carapace of nesting turtles during the arribada events (August, September, October, and November) of the 2022 nesting season.

On September 4, 2022, at 18:41 hrs in La Escobilla beach Sanctuary ($15^{\circ} 43' 37''$ N; $96^{\circ} 45' 14''$ W) we found a nesting female of *L. olivacea* with evidence of Om in the second pleural right scute of the carapace (Fig. 1). The osteolytic lesion had rectangular shape and irregular edges, loss of dermal tissue and presence of fibrous connective tissue bands, appearing on a rough surface, yellow-white areas and with exudate presence. Moreover, the lesion had a cross-cutting orientation, and a length exceeding 30 cm x 12 cm of width. The individual with this lesion presented lethargic behavior compared to the other nesting females around her. A photo voucher (CNAR-IBH-RF-922) was deposited at the Colección Nacional de Anfibios y Reptiles in the Instituto de Biología at the Universidad Nacional Autónoma de México.

On the same day, at 19:16 hrs in La Escobilla beach Sanctuary ($15^{\circ} 43' 34''$ N; $96^{\circ} 44' 56''$ W) we found another nesting female of *L. olivacea* with evidence of Om in the first pleural right scute of the carapace (Fig. 2; Photo voucher CNAR-IBH-RF-923). In this case, the osteolytic lesion had a semi-circular morphology, irregular edges, with loss of dermal tissue and smooth appearance, with exudate presence, and a size of 10 x 15 cm. Likewise, the individual with this lesion presented lethargic behavior compared to the other nesting females.

On September 7, 2022, at 13:44 hrs in La Escobilla beach Sanctuary ($15^{\circ} 43' 34''$ N; $96^{\circ} 44' 56''$ W) we found another nesting female of *L. olivacea* with evidence of severe Om ranging from the first marginal scutes to the nuchal and first vertebral scute (Fig. 3; Photo voucher CNAR-IBH-RF-924). The osteolytic lesion had thick appearance, with fibrosis and tracts with pyogranulomatous fistula, a circular morphology and a size of 25 x 20 cm. The bone gives the appearance of deformity as a product of granulomas that generate a rough appearance, with fibrous tissue bands, purulent exudate and yellow-white surfaces. In addition, this individual presented a proliferative fibropapilloma-like lesion of 5 cm diameter in the dorsal central area of the neck (Fig. 3). This individual showed poor body

condition and markedly lethargic behavior compared to the other nesting females around her.

These are the first Om records known so far for nesting female turtles of *L. olivacea* in tropical waters. Previously, in cold-stunned sea turtles, Ogden et al. (1981) describes an osteomyelitis case in adult stranded of *Dermochelys coriacea*. Later, Powell et al. (2021) report osteolytic lesions in phalanges of cold-stunned Kemp's ridley sea turtles (*L. kempii*) in the Gulf of Mexico. Another osteomyelitis lesions have been found in non-cold-stunned sea turtles with septicemia from traumatic injuries and other resources of infection (Guthrie et al., 2010; Raidal et al., 2006; Pace et al., 2018).

Om has been found to appear either as an area of osteolytic bone degeneration or as an area of new and unstable bone



Figure 2. Evidencia de osteomyelitis en el primer escudo pleural derecho del caparazón de *Lepidochelys olivacea* (Registro de fotografía CNAR-IBH-RF-923). Foto: Jesús García-Grajales.

Figure 2. Evidence of osteomyelitis in the first pleural right scute of *Lepidochelys olivacea* carapace (Photo voucher CNAR-IBH-RF-923). Photo: Jesús García-Grajales



Figure 3. Osteomyelitis severa en *Lepidochelys olivacea* abarcando los primeros escudos marginales, el escudo nuchal y los primeros escudos vertebrales (Registro de fotografía CNAR-IBH-RF-924). Foto: Jesús García-Grajales.

Figure 3. Severe osteomyelitis in *Lepidochelys olivacea* ranging from the first marginal scutes to the nuchal and first vertebral scute (Photo voucher CNAR-IBH-RF-924). Photo: Jesús García-Grajales.

formation (Rothschild et al., 2013). It is usually associated with nodular or subcutaneous skin lesions, ulcerating or drainant infected by bacteria or opportunistic fungi, such as gram positive bacteria (*Staphylococcus*, *Enterococcus*, *Streptococcus*) or gram negative bacteria (*Pseudomonas*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus* and *Pasterella*). Until now, bacteria such as *Staphylococcus* have been identified as the main cause of bone infection, which usually arise in a variety of ways, including the bloodstream or injuries (Innis et al., 2014; Birt et al., 2017). Between the clinical signs associated with Om highlight anorexia, appendicular joint swelling, signs of lethargy, as well as paralysis of pelvic limbs (Paresis) (Innis et al., 2014), some of which were observed in the individuals reported here.

In cold-stunned sea turtles, lesions could occur secondary to immunosuppression and bacteremia infection, subsequent to ischemia by hypothermia (Powell et al., 2021). But, in tropical regions, warm water temperatures may contribute to favorable conditions for bacterial growth on the surface of sea turtle carapaces. Moreover, traumatic carapace lesions represent an opportunity for pathogenic bacteria to invade the devitalized

bone. In addition, the high number of turtles during nesting season and the process of reproduction could be stressful factors that can immunosuppress their system, opening the portal for bacterial invasion (Orós et al., 2005). Additionally, the pathophysiology of Om in animals is still unknown; however, vascular or neurologic insufficiency associated with osteomyelitis results from poor blood supply, local trauma and altered immune defenses (Birt et al., 2017).

Om in sea turtles can be a fatal infection, and the causes of this disease are often produced by bacteria and fungi that healthy organisms encounter in the wild every day. It is clear that further studies are required to better understand the prevalence of Om in nesting females of *L. olivacea* at La Escobilla beach.

Acknowledgements.— To the Universidad del Mar (UMAR) for the logistics and facilities provided. Research permits were obtained from the Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT: DGVS/00652/22). ABS thanks to Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) for the posgraduate scholarship. JGG, PSN and MLRG thanks the

Sistema Nacional de Investigadores (SNI) for its recognition and support. Finally, two anonymous reviewers made comments that helped to improve the present document.

LITERATURE CITED

- Alonso-Aguirre, A., R.S. Ostfeld & P. Daszak. 2012. New Directions in Conservation Medicine. Applied cases of Ecological Health. Oxford University Press, New York, USA.
- Alfaro, A., M. Koie & K. Buchmann. 2008. Synopsis of Infections in Sea Turtles Caused by Virus, Bacteria and Parasites: an Ecological Review. 27 th Annual Symposium in Sea Turtles Biology and Conservation. NOAA Tech Memory.
- Birt, M.C., D.W. Anderson, E. Bruce & J. Wang. 2017. Osteomyelitis: recent advances in pathophysiology and therapeutic strategies. Journal of Orthopaedics 14:45-52.
- Buenrostro-Silva, A., J. García-Grajales, P. Sánchez-Nava & M.L. Ruíz-Gómez. 2022. Paresis as a limiting factor in the reproductive efficiency of a nesting colony of *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829) in La Escobilla beach, Oaxaca, Mexico. Journal of Threatened Taxa 14:22133-22138.
- Buenrostro-Silva, A., J. García-Grajales, P. Sánchez-Nava & M.L. Ruíz-Gómez. 2023. First findings of ulcerative and necrotizing dermatitis in olive ridley turtles (*Lepidochelys olivacea*) in La Escobilla, Oaxaca, México. Ciencias Marinas 49:e3329
- Cáceres-Farias, L., E. Reséndiz, J. Espinoza, H. Fernández-Sanz & A. Alfaro-Núñez. 2022. Threats and vulnerabilities for the globally distributed Olive ridley (*Lepidochelys olivacea*) sea turtle: a historical and current status evaluation. Animals 12:1837.
- Chapman, P.A., H. Owen, M. Flint, R.J. Soares Magalhaes, R.J. Traub, T.H. Cribb & P.C. Mills. 2017. Molecular epidemiology and pathology of spirorchiid infection in green sea turtle (*Chelonia mydas*). International Journal of Parasitology: Parasites and Wildlife 6:39-47.
- Deem, S.L, A.M. Kilbourne, N.D. Wolfe, R.A. Cook & W.B. Karesh. 2000. Conservation medicine. Annals of New York Academy of Sciences 916:370-377.
- George, R.H. 1997. Health problems and diseases of sea turtles. Pp. 363-386. In P.L. Lutz & J.A. Musick (Eds.). The Biology of Sea Turtles. CRC Press. Boca Ratón, Florida, USA.
- Godley, B, A.C. Broderick, L.P. Colman, A. Formia, M.H. Godfrey, M. Hamann, A. Nuno, L.C.M. Omeyer, A.R. Patricio, A.D. Phillot, A.F. Rees & K. Shanker. 2020. Reflections on sea turtle conservation. Oryx 54:287-289.
- Guthrie, A., J. George & T.W. deMaar. 2010. Bilateral chronic shoulder infections in an adult green sea turtle (*Chelonia mydas*). Journal of Herpetology Medicine and Surgery 20:105-108.
- Innis, C.J., J.B. Ravich & M.F. Tlusty. 2009. Haematologic and plasma biochemical findings in cold-stunned Kemp's ridley turtles: 176 cases (2001-2005). Journal of American Veterinary Medical Association 235:426-432.
- Innis, C.J., H. Braverman, J.M. Cavin, M.L. Ceresia, L.R. Baden, D.M. Kuhn, S. Frasca, J.P. McGowan, K. Hirokawa, E.S. Weber, B. Stacy & C. Merigo. 2014. Diagnosis and management of *Enterococcus* spp infections during rehabilitation of cold-stunned Kemp's ridley turtles (*Lepidochelys kempii*): 50 cases (2006-2012). Journal of the American Veterinary Medical Association 245:315-323.
- Jerdy, H., R.B. Ribeiro, M.A. Silva, R.M. Medina, M.R. Werneck & E.C.Q. Carvalho. 2016. Spirorchiid infection in olive ridley turtle, *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829) (Testudines: Cheloniidae), from Brazil. The Journal of Parasitology 102:290-292.
- Ley-Quinónez, C.P., C.E. Hart, R. Alonso, R. Leal, A. Martínez, L.A. Tello, A. Rubio, A. Alonso-Aguirre & A. Zavala. 2020. Paralytic shellfish poisoning (PSP) as a cause of sea turtle mortality in Puerto Vallarta, Mexico. Herpetological Review 53:489-494.
- Llerena-Freire, L.F, J.M. Guzmán, Y.S. Suárez, J.A. Martínez, S.J. Velasco, A.M. Aldaz & D.J. Ramírez. 2019. Osteomielitis: abordaje diagnóstico terapéutico. Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica 38:53-62.
- Keller, K.A, C.J. Innis & M.F. Tlusty. 2012. Metabolic and respiratory derangements associated with death in cold-stunned Kemp's ridley sea turtles (*Lepidochelys kempii*): 32 cases (2005-2009). Journal of American Veterinary Medical Association 240:317-323.
- Ogden, J., A.G. Rhodin, G. Conlogue & T.R. Light. 1981. Pathobiology of septic and contiguous osteomyelitis in a leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*). Journal of Wildlife Diseases 17:277-287.
- Orós, J., A. Torrent, P. Calabuig & S. Deniz. 2005. Diseases and causes of mortality among sea turtles stranded in the Canary



- Islands, Spain (1998-2001). Diseases of Aquatic Organisms 63:13-24.
- Pace, A., L. Meomartino, G. Mennonna, S. Hochscheid & L. Dipineto. 2018. Aeromonas induced polyostotic osteomyelitis in a juvenile loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*). Diseases of Aquatic Organisms 132:79-84.
- Page-Karjian, A. & J. Perrault. 2021. Sea turtle assessments: maximizing turtle encounters to better understand health. Pp. 31-44 In Nahill, B. (Ed.), Sea Turtle Research And Conservation. Lessons From Working in the Field. Academic Press Elsevier, Cambridge, Maryland, USA.
- Powell, A, K.A., Tuxbury, J.M. Cavin, B.A. Stacy, S. Frasca, N. Stacy, J. O'Sullivan, M. Solano, S. Rogers, R. McCarthy & C. Innis. 2021. Osteomyelitis in cold-stunned Kemp's sea turtles (*Lepidochelys olivacea*) hospitalized for rehabilitation: 25 cases (2008-2018). Aquatic Animals 259:1206-1216.
- Raidal, S.R, P.L. Shearer & R.I.T. Prince. 2006. Chronic shoulder osteoarthritis in a loggerhead turtle (*Caretta caretta*). Australian Veterinary Journal 84:231-234.
- Resendiz, E., C. Cedillo-Peláez, M. Harfush, C.G. Salas-Garrido & F. Constantino-Casas. 2015. Caracterización macroscópica, microscópica y ultraestructural de fibropapilomas de tortuga golfinia (*Lepidochelys olivacea*) de la playa Escobilla, Oaxaca. Ciencia y Mar 24:3-18.
- Resendiz, E., H. Fernández-Sanz, J. Espinoza & C. Cedillo-Peláez. 2022. Fibropapilomatosis en tortugas marinas: una visión de conjunto. Revista de Investigaciones Marinas 42:115-137.
- Rothschild, B.M, H.P. Schultze & R. Pellegrini. 2013. Osseous and other hard tissues pathologies in turtles and abnormalities of mineral deposition. Pp. 501-534, In D.B. Brinkman, P.A. Holroyd & J.D. Gardner. Morphology and Evolution of Turtles. Springer Science & Bussiness Media, Dordrecht, Germany.
- Sikes, J.E. & A.S. Kapatkin. 2014. Osteomyelitis, discospondylitis, and infection arthritis. Pp. 814-829. In Sykes, J.E. (Ed.). Canine and Feline Infectious Diseases. Elsevier, Illinois, USA.
- Manire, C.A., B.A. Stacy, M.J. Kinsel, H.T. Daniel, E.T. Anderson & J. Wellehan. 2008. Proliferative dermatitis in a loggerhead turtle, *Caretta caretta*, and a green, *Chelonia mydas*, associated with novel papillomaviruses. Veterinary Microbiology 130:227-237.
- Mashkour, N., K. Jones, S. Kophamel, T. Hipolito, S. Ahasan, R. Jakob-Hoff, M. Whittaker, M. Hamman, I. Bell, J. Elliman, L. Owens, C. Saladin, J.L. Crespo, B. Gardner, A.L. Loganathan, R. Bowater, E. Young, D. Robinson, W. Baverstock, D. Blyde, D. March, M. Eghball, M. Mohammadi, D. Freggi, J. Gilliam, M. Hale, N. Nicolle, K. Spiby, D. Wrobel, M. Parga, A. Mobaraki, R. Rajakaruna, J.K. Hyland, M. Read & E. Ariel. 2020. Disease risk analysis in sea turtles: A baseline study to inform conservation efforts. Plos One 15:e0230760.
- Nevin, T., J. Brooks, V. Elbrond, R. Schultz, B. Atkin & K. Colles. 2020. An Introduction to the Osteopathic Treatment of Animals and Birds. Pp. 44-96. In Nevin, T., K. Colles & P. Tozzi (Eds.). Animal Osteopathy. A Comprehensive Guide to the Osteopathic Treatment of Animals and Birds. Handspring Publishing, UK. 2005. Diseases and causes of mortality among sea turtles stranded in the Canarian Islands, Spain (1998-2001). Diseases of Aquatic Organisms 63:13-24.
- Orós, J., P. Calabuig, A. Arencibia, M. Camacho & H.E. Jensen. 2011. Systemic mycosis caused by *Trichophyton* spp. in an olive ridley sea turtle (*Lepidochelys olivacea*): an immunohistochemical study. New Zealand Veterinary Journal 59:92-95.
- Solano, M., C. Innis, C. Smith & S.W. Ernest. 2008. Scintigraphic and radiographic evaluation of appendicular skeletal lesions in cold-stunned Kemp's ridley sea turtles. Veterinary Radiology & Ultrasound 49:388-394.
- Troëng, S., P.H. Dutton & D. Evans. 2005. Migration of hawksbill turtles *Eretmochelys imbricata* from Tortuguero, Costa Rica. Ecology 28:394-402.
- Wallace, B.P., R.L. Lewison, S.L. McDonald, R.K. McDonald, C.Y. Kot, S. Kelez, R.K. Bjorkland, E.M. Finckbeiner, S. Helmbrecht & L.B. Crowder. 2010. Global patterns of marine turtle bycatch. Conservation Letters 3:131-142.
- Work, T.M. & G.H. Balazs. 2010. Pathology and distribution of sea turtles landed as bycatch in the Hawaii-base North Pacific pelagic longline fishery. Journal of Wildlife Diseases 46:422-432.
- Work, T.M., J. Dagenais, B. A. Stacy, J.T. Ladner, J.M. Lorch, G.H. Balazs & T.B. Waltzek. 2019. A novel host-adapted strain of *Salmonella typhimurium* causes renal disease in olive ridley turtles (*Lepidochelys olivacea*) in the Pacific. Scientific Reports 9:1-13.



SYNOPSIS LASALLEI (NICÉFORO-MARIA, 1950) (SQUAMATA: COLUBRIDAE): NEW RECORD AND FILLING A DISTRIBUTION GAP IN THE CORDILLERA ORIENTAL OF COLOMBIA

SYNOPSIS LASALLEI (NICÉFORO-MARIA, 1950) (SQUAMATA: COLUBRIDAE): NUEVO REGISTRO Y CIERRE DE UN VACÍO DE DISTRIBUCIÓN EN LA CORDILLERA ORIENTAL DE COLOMBIA

Luis Santiago Caicedo-Martínez^{1,2*}

¹Natural History Laboratory, Integrative Zoological Biodiversity Discovery, Centro de Museos, Museo de Historia Natural, Universidad de Caldas, Carrera 23 58-65, Manizales, Caldas, Colombia.

²Semillero de Investigación en Biodiversidad y Conservación de Paisajes Urbanos, OIKOS. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Caldas, Calle 65 # 26-10, A.A. 275, Manizales, Colombia

*Correspondence: Santiago.caicedomar@gmail.com

Received: 2023-01-12. Accepted: 2023-07-28. Published: 2023-08-15.

Editor: Andrés Rymel Acosta Galvis, Colombia.

Synophis Peracca, 1896 is a Neotropical genus of snakes distributed in the northern part of South America in Colombia, Ecuador, and Peru (Torres-Carvajal et al., 2015; Toro-Sánchez et al., 2019). In the last decade, five species were described,

increasing the diversity of *Synophis* from four to nine recognized species (Pyrón et al., 2015; Torres-Carvajal et al., 2015; Pyron et al., 2016). Besides the taxonomic revisions, the genus remains poorly studied due to the scarcity of records and that the species

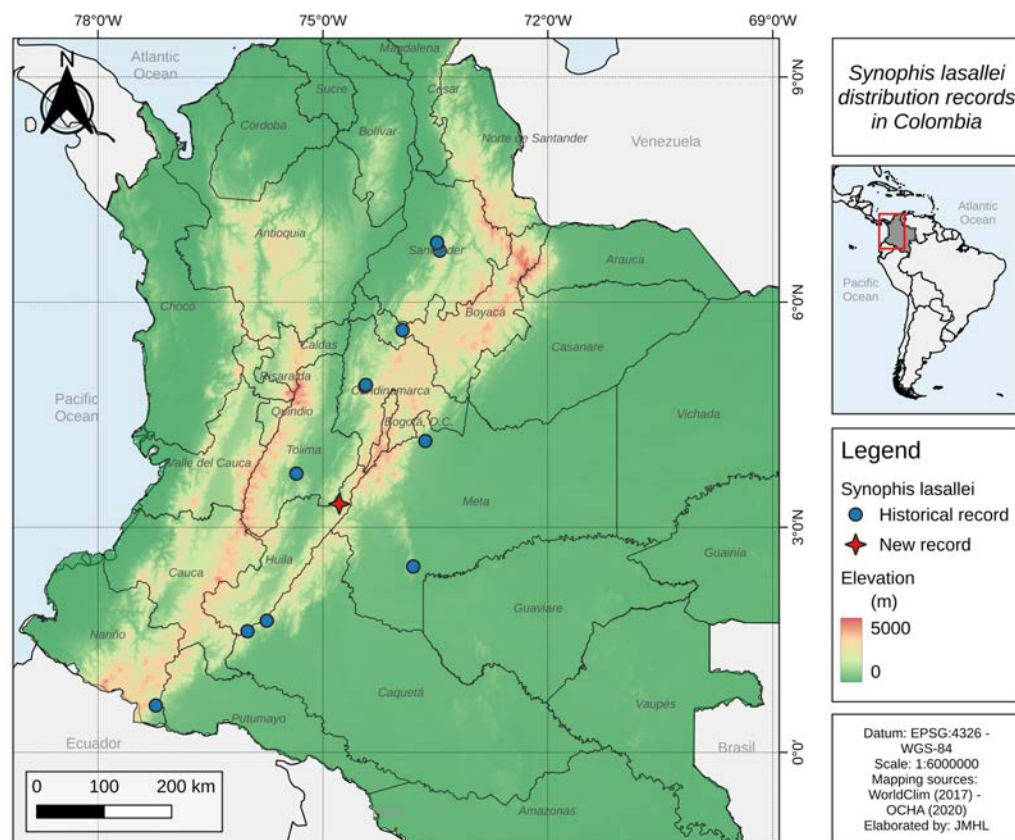


Figura 1. Distribución geográfica de *Synophis lasallei* en Colombia. Círculos azules representan los registros históricos de la especie; la estrella roja indica el registro reportado en el presente trabajo en el departamento del Huila.

Figure 1. Geographic distribution of *Synophis lasallei* in Colombia. Blue circles are the historical records of the species; red star indicates the record reported in the present work in the Huila department.

of *Synophis* are mostly rare and hard to find in nature (Sheil & Grant, 2001). In Colombia three species have been documented, including: *S. lasallei* (Níceforo-María, 1950), *S. niceforomariae* Pyron, Arteaga, Echevarría, & Torres-Carvajal, 2016, and *S. plectrovertebralis* Sheil & Grant, 2001.

Synophis lasallei is a small snake distributed in Colombia and Ecuador (Torres-Carvajal et al., 2015). It was described by Niceforo-María (1950) as *Diaphorolepis lasallei* based on a specimen (Museo La Salle - MLS-OFI: 357) collected in the municipality of Alban (4° 52' 35.7" N, 74° 26' 15.6" W; 2,200 m a.s.l.), Department of Cundinamarca in the Cordillera Oriental, Colombia. Subsequent additional records of *S. lasallei* in Colombia are from both slopes of the Cordillera Oriental (Table 1. Fig. 1). Recently, a new locality was provided for this species by Toro-Sánchez et al. (2019) in the

municipality of Chaparral, Department of Tolima, representing the first record of *S. lasallei* in the Cordillera Central.

To contribute to the distribution of this little studied species, The present work provides a new record from the Cordillera Oriental of Colombia that fills a geographic gap of the species distribution along the Andes. Besides, this work consolidates and corrects the localities available in previous works (i. e., Sánchez & Fonseca 2021) and the Global Biodiversity Information Facility – GBIF (Gbif.org) using Google Earth Pro (Table 1). Only were used the records for Colombia. For the records extracted from GBIF, the identity of the species was corroborated (when possible) by the staff of the respective collections where the specimens are deposited (i.e., Colección de Reptiles of the Instituto Alexander von Humboldt – IAvH; Table 1).

Tabla 1. Registros de *Synophis lasallei* en Colombia. Información extraída de literatura especializada y Gbif.org. IAvH-R: Colección de Reptiles of the Instituto Alexander von Humboldt; ICN: Instituto de Ciencias Naturales of the Universidad Nacional de Colombia; MLS-OFI: Colección de Ofidios of the Museo La Salle; FMNH: Field Museum of Natural History; UIS-MHN-R: Colección de Reptiles of the Museo de Historia Natural de la Universidad Industrial de Santander. MHN-Uca-R: Colección de Reptiles of the Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas; CZUT-R: Reptiles of la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima. (*): Coordenadas extraídas de Google Earth Pro usando la localidad provista por los autores. (**): registros de GBIF con la identidad de la especie corroborada. (***): registros de GBIF con la identidad de la especie pendiente de corroboración.

Table 1. Records of *Synophis lasallei* in Colombia. Data extracted from Gbif.org and specialized literature. IAvH-R: Colección de Reptiles of the Instituto Alexander von Humboldt; ICN: Instituto de Ciencias Naturales of the Universidad Nacional de Colombia; MLS-OFI: Colección de Ofidios of the Museo La Salle; FMNH: Field Museum of Natural History; UIS-MHN-R: Colección de Reptiles of the Museo de Historia Natural de la Universidad Industrial de Santander. MHN-Uca-R: Colección de Reptiles of the Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas; CZUT-R: Reptiles of the Colección Zoológica of the Universidad del Tolima. (*): Coordinates extracted from Google Earth Pro using the locality provide by the authors. (**): records from GBIF with the identity of the species corroborated. (***): records from GBIF with the identity of the species pending for corroboration..

Record	Localities	Latitude	Longitude	Elevation (m a.s.l.)	Voucher	Source
1	Boyacá, Pauna, Vereda Manote alto, Finca Villanueva	5.625333	-73.93842	2132	IAvH-R-9237	GBIF**
2	Caquetá, Florencia, Vereda la Portada	1.755278	-75.74889	2022	ICN-10663	GBIF***
3	Cundinamarca, Alban	4.876608	-74.43768	2245	MLS-OFI-357	Niceforo-Maria, 1950
4	Cundinamarca, Alban, Granjas del Padre Luna	4.897781	-74.42555	2011	ICN-59688	GBIF***
5	Huila, Municipality of Colombia, PNR Páramo de Miraflores, Vereda El Dorado	3.3115	-74.78103	1881	MHN-Uca-R-843	This work
6	Huila, Acevedo, San Adolfo, PNN Cueva de los Guacharos	1.614744	-76.00558	1821	-	Gómez-Sánchez & Fonseca, 2021*
7	Meta, Villavicencio	4.15	-73.63333	539	WWL-977-978	Pyron et al., 2015
8	Meta, Pico Renjifo, PNN Serranía de la Macarena	2.476901	-73.79485	520	FMNH-81313	Pyron et al., 2015
9	Nariño, Ipiales, Jardines de Sucumbios	0.625	-77.22861	1270	IAvH-R-4888	GBIF**
10	Tolima, Chaparral, Vereda la Virginia	3.714722	-75.35333	1437	CZUT-R-0450	Toro-Sánchez et al., 2019
11	Santander, El Carmen de Chucurí, Finca Buenos Aires	6.686408	-73.44039	1743	UIS-MHN-R-3803	GBIF***
12	Santander, San Vicente de Chucurí, Vereda La Colorada	6.79435	-73.47676	1298	UIS-MHN-R-3147	GBIF***
13	Santander, San Vicente de Chucurí, Vereda La Colorada	6.791888	-73.47742	1285	UIS-MHN-R-2689	GBIF***
14	Santander, San Vicente de Chucurí, Vereda La Colorada	6.79326	-73.47537	1239	UIS-MHN-R-4417	GBIF***



Figure 2. *Synophis lasallei*. MHN-UCa-R-843.

Figura 2. *Synophis lasallei*. MHN-UCa-R-843.

During a herpetological survey conducted on 11 December 2021 at the buffer zone of the Parque Natural Regional Páramo de las Oseras the Vereda El Dorado in the municipality of Colombia, Department of Huila, Colombia (03° 18' 41.4" N, 74° 46' 51.7" O, 1,881 m a.s.l.; Fig. 1; Table 1), an adult individual of *Synophis lasallei* was found at 10:56 h inside a rotting log in a pasture area approximately five meters from a fragment of secondary forest. The individual was euthanized in the camp with 2% lidocaine and fixed with 10% formalin, re-hydrated in water, and preserved in 70% ethanol at the Colección de Reptiles, Museo de Historia Natural, Universidad de Caldas (MHN-UCa-R: 843). Tissues from heart and muscle were extracted before the euthanized process and preserved in 96% ethanol for further analysis (MHN-UCa-T: 487).

The identity of the species was corroborated using the original description (Niceforo-María, 1950), taxonomic keys (i.e., Peters & Orejas 1986), and comparisons with previous records available in the literature (e.g., Pyron et al., 2016; Table 2). For this, the specimen was measured (Snout-Vent-Length and Tail-Length), and the scales were counted. The collections were done in the framework of the project “Proyecto de Transición Andino-Amazónica”, working with the local monitoring group “Guardianes del Ambiká” developed by Conservación Internacional Colombia.

Identification. The *S. lasallei* specimen (MHN-UCa-R 843) exhibited the following traits: SVL: 212 mm; TL: 111 mm; Fig. 2). The body is slender, and the head is well differentiated from the neck; the dorsal scales are strongly keeled (Fig. 2); there is dorsal scale rows reduction from 21 at the middle of body to 19 at the vent part. The number of scales is: 157 ventral, 119 subcaudals, eight supralabials, 10 infralabials, one post-ocular on each side (which might be a variation for this species; Table 2); and the internasal scales are in contact. The color in life of this individual is dark blue in the dorsum and translucent white with few greyish marks in the venter, the subcaudal scales are dark blue with white margins. The lips are as white as the venter.

Thus, this specimens presents the characters belonging to *S. lasallei* and differ from the other two species of the genus inhabit Colombia by the presence of 21 dorsal scale rows at the middle of body (19 dorsal scale rows in *S. niceforomariae* and *S. plectovertebralis*; Table 2) and although there is a variation in *S. lasallei*, in which this character ranges from 19 to 21, the specimen found in the present work has 21 and none of the other two species reach that amount of dorsal scale rows; 19 dorsal scale rows at the vent (17 in *S. niceforomariae* and *S. plectovertebralis* Table 2). Finally, another differences present by these three species is their distribution, *S. lasallei* is distributed along both slopes of the Cordillera Oriental

Tabla 2. Caracteres morfológicos de las tres especies de *Synophis* que habitan en Colombia. Los estados de carácter para *S. lasallei* y *S. plectovertebralis* fueron tomados de Pyron et al., 2015 y para *S. niceforomariae* se tomaron de Pyron et al., 2016.

Table 1. Morphological characters of the three *Synophis* species that inhabit Colombia. Characters states for *S. lasallei* and *S. plectovertebralis* were taken from Pyron et al., 2015 and for *S. niceforomariae* from Pyron et al., 2016.

Characters	<i>S. niceforomariae</i>	<i>S. plectovertebralis</i>	<i>S. lasallei</i> literature	<i>S. lasallei</i> from this work
Infralabial scales	10-12	7-8	10-11	10
Supralabial scales	8	7-8	7-9	8
Post-ocular scales	2	1	1-2	1
Ventral scales	184-193	144-147	144-165	157
Subcaudal scales	127-131	79-91	86-126	119
Dorsal scales at neck	19	19	19-23	21
Dorsal scales at middle body	19	19	19-22	21
Dorsal scales at vent	17	17	17-21	19
Snout vent length	407	196-212	153-415	212
Tail length	210	76.5-100	86-201	111

and in the eastern slope of the Cordillera Central, while *S. plectovertebralis* is only known in the department of Valle del Cauca in the Cordillera Occidental and *S. niceforomariae* is distributed only in the Cordillera Central.

A total of 14 records of *S. lasallei* from Colombia were found (Table 1). The distance between this record and the closest records along the Cordillera Oriental is of 233 km to the south (Department of Huila, Parque Nacional Natural Cueva de Los Guacharos; Gómez-Sánchez & Fonseca, 2021), and 177 km to the north (Department of Cundinamarca, Albán, MLS-OFI-357; Niceforo-María, 1950). The record provided here fills a gap of 401 km in the distribution of *S. lasallei* along the western slope of the Cordillera Oriental (Fig 1). Thus, despite the few records of *S. lasallei*, this species might be present along the entire extension of the Cordillera Oriental in Colombia. Moreover, the presence of this species in the Cordillera Central recorded by Toro-Sánchez et al., (2019), suggest that the distribution of *S. lasallei* could be larger in the Andes, however, due to the cryptic habits of this species more records are needed to prove it.

Acknowledgements.– This work was supported by the inter-institutional agreement 145/2021 between Conservation International and the Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) and was carry on in the project “Transición Andino-Amazónica” in five protected areas in the department

of Huila. I thank to the monitoring group “Guardianes Del Ambiká” for the support in the surveys that I conducted in the municipality of Colombia, Huila. Thanks to Hector E. Ramírez-Chaves, Mario Herrera-Lópera and Juan Pablo Lopez for their comments of the manuscript. Thanks to the Instituto Alexander von Humboldt for the help with specimens verification. Thanks to Mario Herrera-Lopera for elaborate the figure 1.

CITED LITERATURE

- Gómez-Sánchez, D.A. & M.L. Fonseca. 2021. Reptiles (Squamata) de la Cueva de los Guacharos (1700-2100 m.s.n.m). Field Guides from the Field Museum of Natural History, Chicago, Illinois, USA.
- Nicéforo-María, H. 1950. Contribución al conocimiento de los ofidios de Colombia. Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 7:518-527.
- Peters, J. A & B. Orejas-Miranda. 1986. Catalogue of the Neotropical Squamata. Part I. Snakes, Revised Edition. Smithsonian Institution Press, Washington D.C and London.
- Pyron, R.A., J.M. Guayasamin, N. Peñafiel, L. Bustamante & A. Arteaga. 2015. Systematics of Nothopsini (Serpentes, Dipsadidae), with a new species of *Synophis* from the Pacific Andean slopes of southwestern Ecuador. ZooKeys 541:109-147.

- Pyron, R.A., A. Arteaga, L.Y. Echevarria & O. Torres-Carvajal. 2016. A revision and key for the tribe Diaphorolepidini (Serpentes: Dipsadidae) and checklist for the genus *Synophis*. *Zootaxa* 4171:293-320.
- Pyron, Arteaga, Echevarría & Torres-Carvajal, 2016 (Serpentes, Colubridae) from the Cordillera Central in Colombia. *Check List* 15:1051-1054.
- Sheil, C.A. & T. Grant. 2001. A new species of colubrid snake (*Synophis*) from western Colombia. *Journal of Herpetology* 35:204-209.
- Torres-Carvajal, O., L.Y. Echevarría, P.J. Venegas, G. Chávez & J.D. Camper. 2015. Description and phylogeny of three new species of *Synophis* (Colubridae, Dipsadinae) from the tropical Andes in Ecuador and Peru. *ZooKeys* 546:153-179.
- Toro-Sanchez, T., A. Montañez & M.H. Bernal. 2019. New records of *Synophis lasallei* (Niquéforo-María, 1950) and *Synophis niceforomariae*



PRIMER CASO DE ECTROMELIA EN LA RANA TERMITERA *HYPOPACHUS VARIOLOSUS* OBSERVADO EN EL PUERTO DE VERACRUZ, MÉXICO

FIRST CASE OF ECTROMELIA IN THE NORTHERN SHEEP FROG *HYPOPACHUS VARIOLOSUS* OBSERVED IN THE PUERTO DE VERACRUZ, MEXICO

Fernanda Michelle Reyes Servín¹ & Díaz-García Juan Manuel^{2*}

¹Investigadora independiente

²Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta, Universidad Autónoma de Tlaxcala. Km 1.5 Carretera Tlaxcala-Puebla S/N, La Loma Xicoténcatl, C.P. 90070, Tlaxcala, Tlaxcala.

*Correspondence: juanm.diazgarcia@gmail.com

Received: 2023-06-27. Accepted: 2023-08-03. Published: 2023-08-15.

Editor: Jimena Grosso, Chile.

Abstract.– We describe the first case of ectromelia of the radio-ulna bones in the northern sheep frog *Hypopachus variolosus* observed in the Puerto de Veracruz, Mexico.

Key words.– Anthropized environment, amphibian, anuran, morphological anomaly.

Resumen.– Describimos el primer caso de ectromelia de los huesos radio-ulna en la rana termitera *Hypopachus variolosus* observado en el Puerto de Veracruz, México.

Palabras claves.– Ambiente antropizado, anfibio, anomalía morfológica, anuro.

Las anomalías morfológicas son definidas como cualquier variación del rango normal en la anatomía de un individuo (Johnson et al., 2001). Recientemente se han incrementado los reportes de anomalías morfológicas en anfibios, principalmente en poblaciones que habitan cultivos agrícolas, pastizales ganaderos y bosques perturbados (Rebouças et al., 2019). En los últimos años también se han registrado tasas de incidencia poblacional de anomalías en anfibios mayores al 30% (ej. Bessa-Silva et al., 2016; Rebouças et al., 2019; Fedorova et al., 2023), cuando anteriormente las tasas de incidencia normales eran estimadas en un 5% (Stocum, 2000). Por lo que las anomalías morfológicas podrían considerarse una amenaza para la conservación de los anfibios (Blaustein & Johnson, 2003).

Los factores que pueden causar anomalías en los anfibios son principalmente la exposición a radiación ultravioleta, la contaminación de cuerpos de agua con fertilizantes y pesticidas, la presencia de fallas en el desarrollo embrionario o mutaciones, la infección por endoparásitos, y la depredación selectiva (Henley et al., 2017).

A partir de una revisión bibliográfica sistematizada, Venerozo-Tlazalo et al. (2022) encontraron que en México se han reportado anomalías morfológicas en 17 especies de anfibios, principalmente en anuros de las familias Bufonidae, Hylidae y Ranidae. También se han reportado casos en salamandras de las familias Ambystomatidae y Plethodontidae. Las anomalías más frecuentes en los anfibios mexicanos son la anoftalmia (ausencia de uno o ambos ojos), ectromelia (extremidad incompleta), ectrodactilia (ausencia de falanges) y braquidactilia (falanges reducidas; Venerozo-Tlazalo et al., 2022). El estado de Veracruz es donde se han registrado el 40% de los casos de anomalías morfológicas en anfibios. En esta nota describimos el primer caso de ectromelia en la rana termitera *Hypopachus variolosus* observado en el Puerto de Veracruz, México.

El 5 de junio de 2023 a las 23:15 horas durante un paseo nocturno dentro del fraccionamiento Xana Plus Residencial (19.144042° N, 96.173974° W, WGS84, 5 m s.n.m.), encontramos un individuo adulto de la rana termitera *H. variolosus* (Longitud total = 47 mm) posado sobre una plancha de concreto en una zona de alberca y jardín dominada por pastos exóticos. Cuando

capturamos al individuo con el fin de ser reubicado, observamos que no presentaba el segmento distal de la extremidad anterior derecha. Según Meteyer (2000), esta anomalía morfológica se define como ectromelia de los huesos radio-ulna, donde ambos huesos están ausentes y por lo tanto no se presentan las falanges (Fig. 1). Después de ser examinado y fotografiado, liberamos al individuo en un humedal adenaño al fraccionamiento, debido a que no contábamos con permiso de colecta. Una fotografía de este registro de ectromelia fue depositada en la colección digital del Natural History Museum of Los Angeles, California (LACM PC-3000).

Nuestro reporte suma una especie a la lista de anfibios de México con algún tipo de anomalía morfológica, y representa

el primer caso de anomalía para una especie de la familia Microhylidae a nivel nacional. En otros países de la región tropical se han reportado diferentes anomalías en especies de la familia Microhylidae, como anoftalmia (Mudke et al., 2020), amelia (ausencia de extremidades; Pett et al., 2019), ectrodactilia y braquidactilia (Brouard & Smith, 2014). En anfibios con anomalías morfológicas se ha observado una reducción en la habilidad para cazar y reproducirse (Johnson et al., 2001). Dentro de la familia Microhylidae existen especies de hábitos principalmente fosoriales, tal es el caso de *H. variolosus* que puede excavar con ayuda de sus extremidades hasta un metro de profundidad para estivar durante la temporada de sequías, y emerge del suelo durante la temporada de lluvias para reproducirse y alimentarse (Savage, 2002). Por lo que la



A



B

Figure 1. (A) Individual of northern sheep frog *Hypopachus variolosus* with presence of radio-ulna ectromely in the right forelimb found in a residential development in the Puerto de Veracruz, Mexico. (B) Observation site of the individual Northern Sheep Frog *Hypopachus variolosus* with ectromelia Photos: Fernanda Michelle Reyes Servín.

Figure 1. (A) Individuo de rana termitera *Hypopachus variolosus* con presencia de ectromelia de radio-ulna en la extremidad anterior derecha encontrado en un fraccionamiento habitacional del Puerto de Veracruz, México. (B) Sitio de observación del individuo de rana termitera *Hypopachus variolosus* con ectromelia Fotos: Fernanda Michelle Reyes Servín.

presencia de anomalías asociadas a la pérdida o reducción de extremidades podría afectarles severamente. No obstante, es necesario incrementar el esfuerzo de muestreo para conocer la frecuencia de incidencia de anomalías en extremidades a nivel poblacional.

Debido a que nuestro reporte proviene de una observación ocasional, no podemos determinar la causa de ectromelia en *H. variolosus*. Sin embargo, resalta el hecho de que se haya registrado dentro de un fraccionamiento habitacional, donde la cobertura de vegetación original ha sido completamente modificada, siendo el primer reporte para el país de anomalía morfológica en anfibios observada en un asentamiento humano (ver Venerozo-Tlazalo et al., 2022). Es necesario seguir documentando las anomalías morfológicas en anfibios dentro de paisajes conservados y antropizados, para estimar con precisión las tasas de incidencia y los probables factores que estén determinando su presencia, y realizar acciones de conservación de las especies afectadas.

Agradecimientos. – A Neftalí Camacho por el registro de las fotografías en la colección digital del Natural History Museum of Los Angeles. A Víctor Vásquez Cruz por la corroboración en la identificación del individuo de *H. variolosus*.

LITERATURE CITED

- Bessa-Silva, A.R., M. Vallinoto, D. Sodr , D.B da Cunha, D. Hadad, N.E. Asp, I. Sampaio, H. Schneider & F. Sequeira. 2016. Patterns of genetic variability in island populations of the cane toad (*Rhinella marina*) from the mouth of the Amazon. *PloS One* 11:e0152492.
- Blaustein, A.R. & P.T. Johnson. 2003. The complexity of deformed amphibians. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1:87-94.
- Brouard, J.P. & P. Smith. 2014. *Elachistocleis bicolor* (Amphibia: Anura: Microhylidae) and *Eupemphix nattereri* (Amphibia: Anura: Leuiperidae): morphological abnormalities from Reserva Natural Laguna Blanca, Paraguay. *Herpetologia Brasileira* 3:85-87.
- Fedorova, A., E. Pustovalova & M. Drohvalenko. 2023. High frequency of hindlimb malformation in froglets *Pelophylax* sp. in Ukraine. *The Herpetological Bulletin* 164:24-25.
- Henley, K., A. Bubo s & V. Vershinin. 2017. A review of anomalies in natural populations of amphibians and their potential causes. *Mertensiella* 25:57-164.
- Johnson, P.T., K.B. Lunde, R.W. Haight, J. Bowerman & A.R. Blaustein. 2001. *Ribeiroia ondatrae* (Trematoda: Digenea) infection induces severe limb malformations in western toads (*Bufo boreas*). *Canadian Journal of Zoology* 79:370-379.
- Meteyer, C.U. 2000. Field guide to malformations of frogs and toads with radiographic interpretations. *Biological Science Report, USA*.
- Mudke, M., K.V. Gururaja, N. Aravind & R. Singal. 2020. Annotated list of anurans from the lateritic plateau of western India with notes on malformations. *Check List* 16:685-698.
- Pett, B.L., J. Sarvary, H.P. Davis, P. Smith & K. Atkinson. 2019. Records of morphological abnormalities of anuran limbs from Paraguay. *Cuadernos de Herpetología* 33:79-82.
- Rebouças, R., H.R. da Silva & M. Sol . 2019. Malformations in insular and coastal populations of toads in Rio de Janeiro, Southeastern Brazil. *South American Journal of Herpetology* 14:12-18.
- Savage, J.M. 2002. *The Amphibians and Reptiles of Costa Rica, a Herpetofauna Between Two Continents, Between Two Seas*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Stocum, D.L. 2000. Frog limb deformities: an “eco-devo” riddle wrapped in multiple hypotheses surrounded by insufficient data. *Teratology* 62:147-150.
- Venerozo-Tlazalo, D.G., V. Vásquez-Cruz, D. Medina-Nogueira & J.A. de la Rosa-Pérez. 2022. Lista actual de anomalías morfológicas en anfibios mexicanos, con dos casos nuevos en el centro-oeste del estado de Veracruz. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 5:15-21.



INTERACTIONS OF FOUR TEIID LIZARDS WITH GIANT ARMADILLO BURROWS AND RANGE EXTENSION FOR TWO ENDEMIC CERRADO SPECIES

INTERAÇÕES DE QUATRO LAGARTOS TEÍDEOS COM TOCAS DE TATU-CANASTRA E EXTENSÃO DE DISTRIBUIÇÃO PARA DUAS ESPÉCIES ENDÊMICAS DO CERRADO

Diego José Santana^{1,*}, Gabriel Fávero Massocato^{2,3,4}, Nina Attias², Mateus Melo-Dias² & Arnaud L. J. Desbiez^{2,4,5}

¹Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Instituto de Biociências, 79070-900, Campo Grande, MS, Brasil.

²Instituto de Conservação de Animais Silvestres, Rua Afonso Lino Barbosa, 142, Chácara Cachoeira, 79040-290, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil

³Houston Zoo, 6200 Hermann Park Drive, Houston, Texas 77030, USA

⁴Instituto de Pesquisas Ecológicas, Rodovia Dom Pedro I, km 47, 12960-000, Nazaré Paulista, São Paulo, Brasil

⁵Royal Zoological Society of Scotland, Murrayfield, Edinburgh, EH12 6TS, United Kingdom

*Correspondence: jose.santana@ufms.br

Received: 2023-05-02. Accepted: 2023-08-07. Published: 2023-08-17.

Editor: Katyuscia Araujo-Vieira, Brazil.

Abstract.— The Neotropical genera *Tupinambis* and *Salvator* are large heliothermic lizards belonging to the teiid family with a wide distribution throughout South America. However, two species of these genera (*T. quadrilineatus* and *S. dusei*) have more limited distributions, being endemic to the Cerrado savanna. Giant armadillos build burrows that are used by a variety of species. In this study, we describe observations of interactions of four teiid species with giant armadillo burrows, report new distribution records of *T. quadrilineatus* and *S. dusei* within the Cerrado, and provide insights into the habitat requirements of these species. Our results highlight the importance of preserving threatened species to maintain ecological interactions and emphasize the need to protect the Cerrado savanna.

Key words.— Ecological interactions, ecosystem engineering, savanna, Squamata, camera-trap.

Resumo.— Os gêneros de lagartos heliotérmicos *Tupinambis* e *Salvator*, encontrados na região neotropical, pertencem à família Teiidae e são de grande porte. Eles possuem ampla distribuição em toda a América do Sul. No entanto, existem duas exceções em relação à sua distribuição, as quais *T. quadrilineatus* e *S. dusei* que são endêmicos do Cerrado. Os tatu-canastra, a maior espécie de tatu, constroem tocas que são usadas por várias espécies. Neste estudo, descrevemos observações de interações de quatro espécies de teídeos com tocas de tatu-canastra, relatamos novos registros de distribuição de *T. quadrilineatus* e *S. dusei* dentro do Cerrado, e discutimos sobre os requisitos de habitat dessas espécies. Nossos resultados destacam a importância de preservar espécies ameaçadas para manter as interações ecológicas e enfatizam a necessidade de proteger Cerrado.

Key words.— Interações ecológicas, engenheiro de ecossistemas, savana, Squamata, camera-trap.

South America harbors a great diversity of Teiidae lizards (Harvey et al., 2012). They are known for their general terrestrial ecology, with some exceptions of semi-aquatic species (Ávila-Pires, 1995). The distribution of these lizards is wide, with representatives occurring in several regions of South America, including the Amazon, Caatinga, Cerrado, and Atlantic Forest biomes. Although many species of Teiidae are relatively common and abundant in certain areas (e.g., *Ameiva ameiva*, *Ameivula ocellifera*, and *Salvator merianae*; Guedes et al., 2023), a few other species of the family can be rare or even face

the threat of extinction in other regions (e.g., *Ameivula nativo* and *Tupinambis longilineus*; Ávila-Pires, 1995; Costa et al., 2008; Rocha et al., 1997; Vitt, 1991). Like many other reptiles, teiids are ectothermic animals, which means the external environment determines their body temperature (Huey, 1982). They are known to be agile and highly adaptable animals, enabling them to explore different habitats and feed on various prey.

Tupinambis Daudin, 1802 and *Salvator* Duméril & Bibron, 1839 are large diurnal teiid lizards that are heliothermic and

are known for being active foragers (Ávila-Pires, 1995; Harvey et al., 2012). Species within both genera inhabit habitats ranging from forested to open areas, with most of them occurring in at least two or more ecoregions throughout South America, making them widespread species (Silva et al., 2018). However, *T. quadrilineatus* Manzani & Abe, 1997 and *S. duseni* (Lönnberg in Lönnberg & Andersson, 1910) are endemic species to the Cerrado savanna (Drummond et al., 2014; Oliveira & Costa, 2022), which is the richest savanna in the world and a biodiversity hotspot, a megadiverse area with many endemic species that are severely threatened (Klink & Machado, 2005).

In the Cerrado savanna, *T. quadrilineatus* has already been recorded in the Brazilian states of Tocantins, Minas Gerais, Bahia, Piauí, Maranhão, Pará, Mato Grosso, Goiás, and Distrito Federal, with Mato Grosso do Sul being the only state in the Midwest region of Brazil without a record for the species (Oliveira & Costa, 2022). This species is mainly characterized in its external morphology by the upper lateral stripe well-defined along the flanks, whereas in other species, it is indistinct or absent (Ávila-Pires, 1995; Colli et al., 1998; Manzani & Abe, 1997). *Salvator duseni* is one of the largest members of the genus and is strongly associated with the Cerrado. It was described based on a specimen collected from an unknown location in the Paraná state, probably in Cerrado areas in the northern parts of that state (Drummond et al., 2014; Lönnberg & Andersson, 1910). However, this large teiid has only been recorded in Cerrado areas, confirming its endemism to this ecoregion (Drummond et al., 2014). Besides, it is characterized by scales on the nape that are distinctly larger than the dorsal ones, as well as convex dorsal scales, and its overall distinct coloration (Pérez & Colli, 2004).

As ectothermic animals, Teiid lizards can adopt several behavioral strategies for thermoregulation. These strategies are especially important for species that live in savanna habitats, which are covered by less dense vegetation and are subject to wide temperature variation. Lizards can choose to shelter during hot hours of the day or bask in areas more exposed to the sun to optimize their thermoregulation at colder temperatures (Pianka, 2017). Hence, microhabitat that provides opportunities for behavioral thermoregulation is paramount for the survival of lizards in savanna habitats.

Armadillo burrows are conspicuous features in the Cerrado landscape that can provide microhabitats suitable as thermal shelters (inside the burrow) and for basking (in the sand mound formed in front of burrows as a result of soil displacement during digging). The largest armadillo burrows found in the Neotropics are excavated by the giant armadillo, *Priodontes maximus* (Kerr,

1792), a semi-fossorial mammal that can reach a body length of 1.5 m and weigh between 30 and 50 kg (Carter et al., 2016; Desbiez et al., 2019). These burrows measure on average 35 cm in diameter and up to five meters in depth and are used as a refuge by a high diversity of vertebrate species, including reptiles (Desbiez & Kluyber, 2013; Desbiez & Attias, 2021). The species is considered an ecosystem engineer due to the physical changes in the soil caused by its excavations that influence several other species (Aya-Cuero et al., 2017; Desbiez & Kluyber, 2013; Di Blanco et al., 2020; Fontes et al., 2020; Massocato & Desbiez, 2017).

In this study, we describe observations of four teiids species, *A. ameiva* (Linnaeus, 1758), *T. quadrilineatus*, *S. duseni*, and *S. merianae* Duméril & Bibron, 1839 interacting with giant armadillo burrows, and provide new insights into the potential ecological interactions of these lizards. We also provide new information on the distribution of *T. quadrilineatus* and *S. duseni*, with the first records of these species in the Cerrado of Mato Grosso do Sul state.

This study took place in the Parque Natural Municipal do Pombo (PNMP), located in the municipality of Três Lagoas, Mato Grosso do Sul state (20°21'S, 52°38'W). This is one of the few protected fragments of Cerrado habitat in Mato Grosso do Sul where the giant armadillo has been recorded (Ferraz et al., 2021; Massocato & Desbiez, 2017), and protects 8,032 hectares of native Cerrado. Before its implementation, the park was a cattle ranch and is considered in regeneration rather than pristine Cerrado. The records presented in this study were made through the use of camera traps (HC-500, HC-550, HC-600, and PC-850; Reconyx, Holmen, USA) placed strategically to monitor the giant armadillo population at the PNMP. Between April 2022 and March 2023, we established a camera trap array (n = 70 camera sites) throughout the PNMP. To build the trap array, first, we defined camera locations using ArcGIS, predefining their locations throughout the area, and applying a 1km spacing among them. Then, we applied a 250 m buffer around the pre-defined point locations to actively search for evidence of *P. maximus* to optimize the final placement of the camera traps. In this way, the whole park was covered. All cameras were set to “no delay” rapid fire mode, recording a burst of three photos every time it was triggered (one frame per second) and without any intervals between triggers (0 seconds). This allowed cameras to record animal behavior continuously while the animal remained in the camera's range, i.e., in the burrow's vicinity. All camera records were accompanied by information on the date, time, and temperature of the sighting, as recorded by the camera trap device. We used the photo's time stamps to calculate the time elapsed in each continuous photo sequence of a certain individual behavior to characterize the duration of the

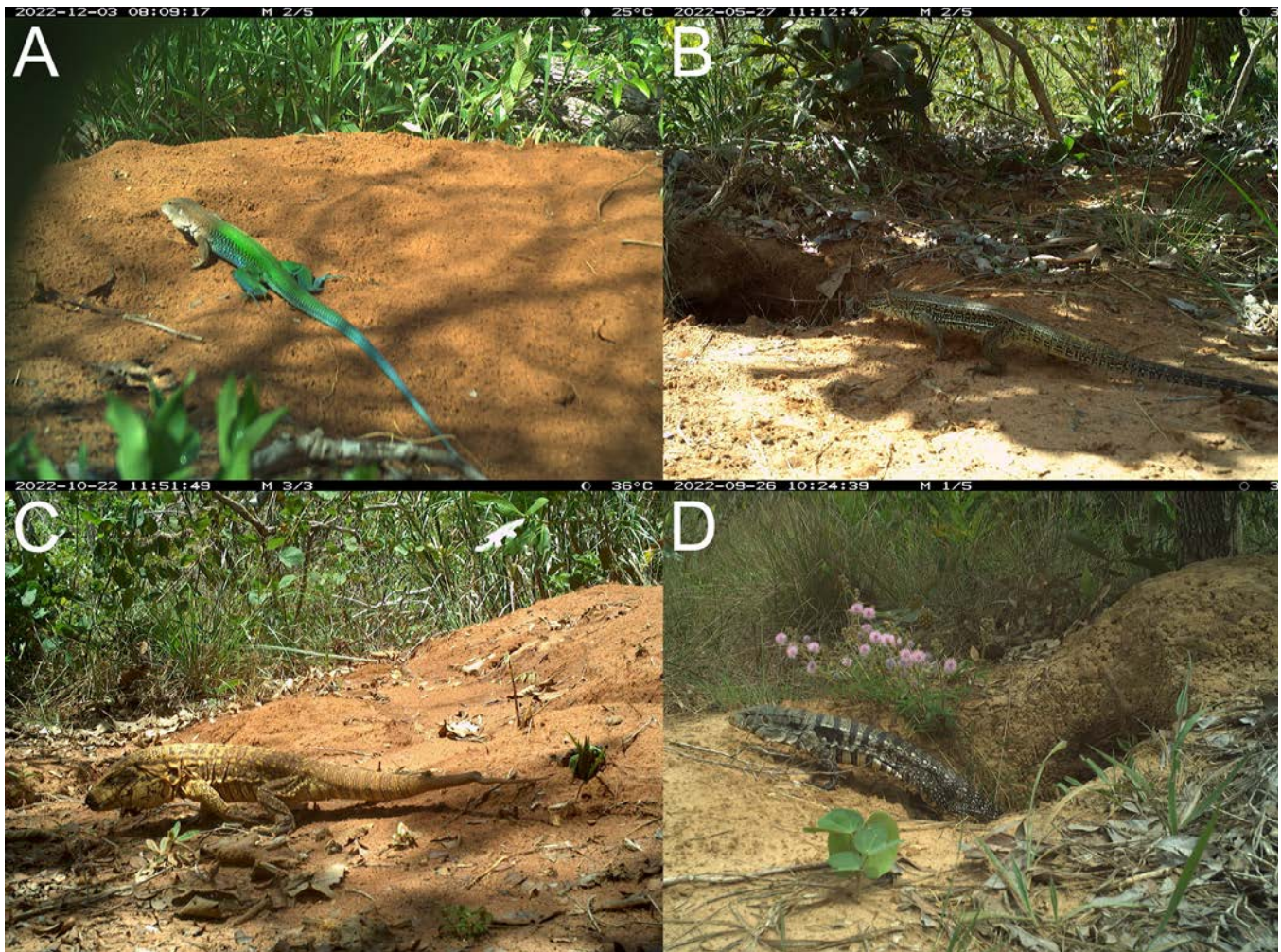


Figura 1. Registros de teídeos usando as tocas de tatu-canastra no Pombo Natural Municipal do Pombo, município de Três Lagoas, estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. Indivíduos adultos de (A) *Ameiva ameiva*, (B) *Tupinambis quadrilineatus*, (C) *Salvator duseni* e (D) *Salvator merianae*.

Figure 1. Teiids recorded in front of giant armadillo (*Priodontes maximus*) burrows in Parque Natural Municipal do Pombo, Três Lagoas Municipality, Mato Grosso do Sul state, Brazil. Adult individuals of (A) *Ameiva ameiva*, (B) *Tupinambis quadrilineatus*, (C) *Salvator duseni*, and (D) *Salvator merianae*.

interaction with the burrow in each record. Finally, we followed the methods proposed by Desbiez & Kluyber (2013) to classify the records into four categories: (1) animal passing by in front of the burrow, (2) animal interacting with burrow or sand mound for less than 5 sec, (3) interaction with burrow or sand mound for more than 5 sec, and (4) animal enters the burrow.

Camera traps placed in front of giant armadillo burrows recorded teiid lizards (*A. ameiva*, *S. merianae*, *S. duseni*, and *T. quadrilineatus*; Table 1) on 17 occasions. Average air temperature of records was 35.47 °C (range: 17–50 °C). According to our findings, *A. ameiva* (Figure 1A) was the teiid with the highest number of records in burrows of giant armadillos, with a total

of 12 observations throughout the year (see Table 1 for details on period of the year, time of the day and temperature). *Ameiva ameiva* was recorded interacting with the burrows between the months of September and December. Most of the records were obtained from the same burrow, during late morning and early afternoon when air temperature was recorded to be above 31°C. For this species, we recorded all four categories of interaction with the burrow. Nevertheless, there were three records of this species interacting with the burrows earlier in the morning while air temperature was lower, between 17 and 25 °C (Table 1).

Individuals of *T. quadrilineatus* (Figure 1B) were identified based on the species' distinct external morphology, which was

Tabela 1. Dados sobre as quatro espécies de teídeos registradas no Parque Natural Municipal do Pombo, município de Três Lagoas, estado de Mato Grosso do Sul, Brasil, de maio a dezembro de 2022. O tempo de interação significa o tempo que os indivíduos passaram dentro das tocas do tatu-canastra e/ou no monte de areia das tocas. NA: registro com apenas uma fotografia.

Table 1. Data on Teiid species recorded at Parque Natural Municipal do Pombo, Três Lagoas municipality, Mato Grosso do Sul state, central Brazil from May to December 2022. The interaction time means the time spent by the individuals inside the giant armadillo burrows and/or in the sand mound of burrows. NA: record with only one photograph.

Species	Burrow ID	Latitude	Longitude	Date	Hour	Temperature (°C)	In sand mound	In burrow	Interaction time
<i>Ameiva ameiva</i>	C04	-20,33386	-52,66084	2022-09-12	10:17	42		X	9 sec
<i>Ameiva ameiva</i>	E01	-20,35540	-52,68236	2022-10-03	11:59	41		X	6 min 18 sec
<i>Ameiva ameiva</i>	E01	-20,35540	-52,68236	2022-10-04	12:48	47		X	3 sec
<i>Ameiva ameiva</i>	E01	-20,35540	-52,68236	2022-10-15	12:52	43		X	2 sec
<i>Ameiva ameiva</i>	E01	-20,35540	-52,68236	2022-10-24	10:21	31	X	X	1 min 27 sec
<i>Ameiva ameiva</i>	E01	-20,35540	-52,68236	2022-10-26	12:54	49		X	5 sec
<i>Ameiva ameiva</i>	E01	-20,35540	-52,68236	2022-10-28	15:00	50		X	2 sec
<i>Ameiva ameiva</i>	E01	-20,35540	-52,68236	2022-11-03	07:56	17	X		NA
<i>Ameiva ameiva</i>	E01	-20,35540	-52,68236	2022-11-29	09:39	31	X		NA
<i>Ameiva ameiva</i>	E01	-20,35540	-52,68236	2022-11-30	09:32	29		X	6 min 30 sec
<i>Ameiva ameiva</i>	E01	-20,35540	-52,68236	2022-12-03	08:09	25	X		44 sec
<i>Ameiva ameiva</i>	E01	-20,35540	-52,68236	2022-12-11	08:28	24	X		3 sec
<i>Salvator duseni</i>	D02	-20,35056	-52,67920	2022-10-22	11:52	35		X	14 min 34 sec
<i>Salvator merianae</i>	K02	-20,39830	-52,61656	2022-09-26	10:24	31		X	15 sec
<i>Tupinambis quadrilineatus</i>	J02	-20,39191	-52,63033	2022-05-27	11:12	36	X		3 sec
<i>Tupinambis quadrilineatus</i>	J02	-20,39191	-52,63033	2022-07-20	10:14	35	X		11 sec
<i>Tupinambis quadrilineatus</i>	E01	-20,35540	-52,68236	2022-11-30	12:19	37	X		1 sec

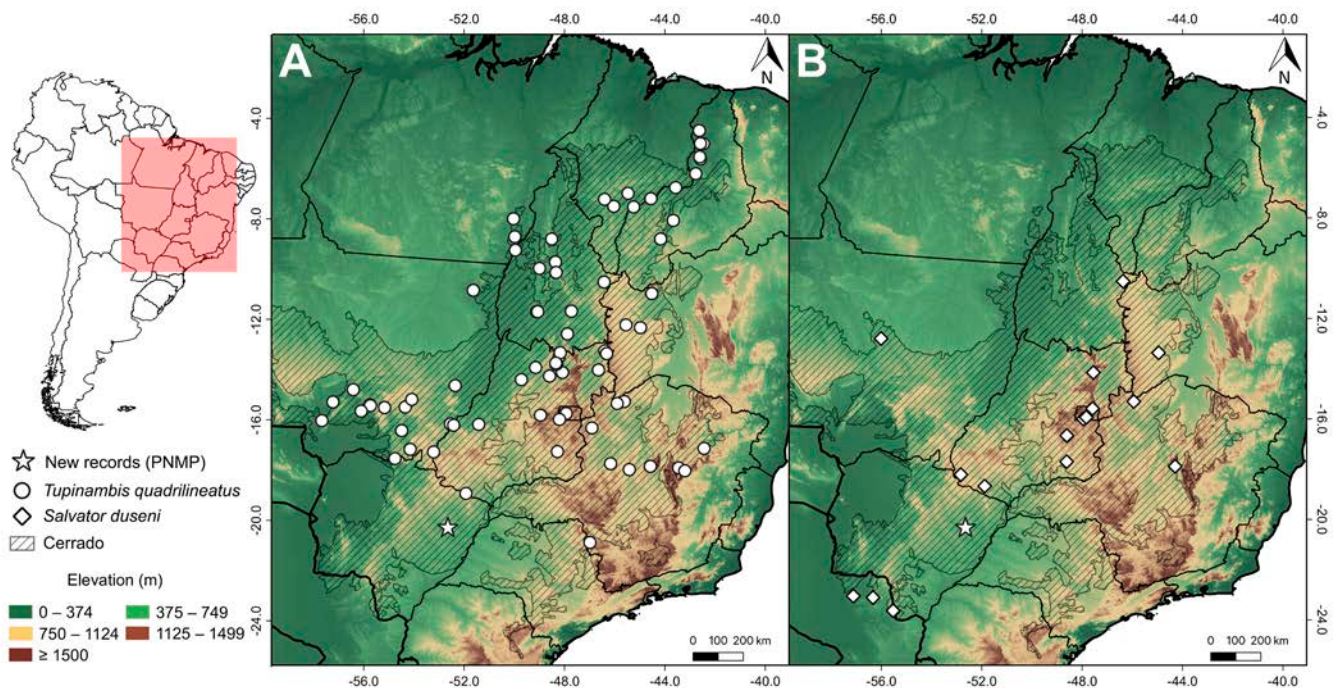


Figura 2. Mapa de distribuição de (A) *Tupinambis quadrilineatus* e *Salvator duseni* (B) no Cerrado, mostrando as localidades de ocorrência baseadas na literatura (Drummond et al., 2014; Oliveira & Costa, 2022) e os novos registros (estrela) no Pombo Natural Municipal do Pombo, município de Três Lagoas, estado de Mato Grosso do Sul, Brasil.

Figure 2. Distribution map of (A) *Tupinambis quadrilineatus* and (B) *Salvator duseni* along the Cerrado showing known localities based on the literature (Drummond et al., 2014; Oliveira & Costa, 2022) and the new records (star) in Parque Natural Municipal do Pombo (PNMP), Três Lagoas municipality, Mato Grosso do Sul state, Brazil.

later confirmed using specific literature that considered the overall external morphology and coloration patterns (Colli et al., 1998; Manzani & Abe, 1997) and expert consultation. Individuals of this species were recorded approaching and exiting the same armadillo burrow on two separate occasions during the dry season, in the months of May and July (Table 1). On the first occasion, the individual briefly inspects the entrance to the armadillo burrow for three seconds, while on the second occasion, the lizard appears already leaving the burrow (the camera trap sensor wasn't activated when the animal entered the burrow) and inspects the sand mound for 11 seconds. The third photographic record of this species was obtained at the beginning of the rainy season (in late November), coming out of another armadillo hole (Table 1). All records of the species were obtained during late morning, and early afternoon (11:12 a.m., 10:14 a.m., and 12:12 p.m.), at high temperatures (35–37 °C; Table 1).

Salvator duseni (Figure 1C) was recorded interacting with the giant armadillo burrow once in rainy season in October (Table 1). An individual entered a burrow late in the morning (11:52 a.m.; air temperature = 35 °C) and stayed inside for 14 minutes

and 34 seconds. Two records of *S. duseni* were also made in giant armadillo feeding holes, which are much shallower structures than armadillo burrows (Desbiez & Kluyber, 2013). We also recorded another teiid from the same genus, *S. merianae* (Figure 1D), interacting with the armadillo burrows. An individual was recorded staying for 15 seconds inside a burrow in late September, around 10:24 a.m. (air temperature = 31° C; Table 1).

This is the first record of *T. quadrilineatus* in the Mato Grosso do Sul state and one of the southernmost distribution records for this species (Figure 2A). Recently, Oliveira and Costa (2022) revised and extended the species' distribution based on new records in the Minas Gerais state. According to their updated distribution map, the present record extends the species distribution approximately 170 kilometers south in a straight line from the closest known record, which is in the municipality of Aporé, in the Goiás state. Additionally, it is approximately 468 kilometers away from the type locality of the species in Fazenda Bandeirantes, Municipality of Baliza, Goiás, Brazil (Oliveira & Costa, 2022). The records of *S. duseni* also expand the distribution of this species within the Cerrado. The present record in PNMP

helps to fill a gap in the species distribution (Figure 2B). It also expands the range of the species approximately 195 kilometers to the south from the closest known record, which is at the Espora hydroelectric power plant in Aporé, Goiás, Brazil. Furthermore, it extends the species' distribution approximately 485 kilometers to the north from its southernmost known record, which is in Laguna Siete, Departamento de Concepción, Paraguay (Drummond et al., 2014).

These records of *T. quadrilineatus* and *S. dusei* in the Mato Grosso do Sul state confirm their endemic status in the Cerrado, an ecoregion that has suffered significant losses and threats throughout Brazil (Rodrigues et al., 2022). The region where we recorded the species has suffered from severe degradation and is predominantly covered by small remnant fragments of native Cerrado vegetation (Ferraz-Almeida & Mota, 2021; Reynolds et al., 2016). PNMP is currently one of the largest protected remnants of Cerrado habitat in the state and one of the few large remnants where giant armadillos can still be found (Ferraz et al., 2021). The importance of this native remnant can be further highlighted because the landscape surrounding the park is rapidly changing due to land use changes, with vast areas of cattle ranching grasslands being replaced by silvicultural activities, such as *Eucalyptus* plantations (Bispo et al., 2023; Rodrigues et al., 2022).

Armadillo burrows are valuable microhabitats for lizards and are commonly used as shelters by various species in different regions, particularly in open and arid environments (Desbiez & Kluyber, 2013; Huey & Pianka, 1977; Montaña et al., 2013). These burrows offer a diversity of microhabitats, allowing lizards to regulate their body temperature by moving between the cooler, deeper parts of the burrow and the warmer, shallow areas near the entrance (Di Blanco et al., 2020). For example, *S. rufescens* in Bolivian Chaco uses armadillo burrows built by the yellow armadillo (*Euphractus sexcinctus*) or the nine-banded armadillo (*Dasypus novemcinctus*) (Montaña et al., 2013). In the temperate Pine savannas of the United States, lizards, such as *Aspidoscelis sexlineata* and *Sceloporus undulatus*, use burrows built by the nine-banded armadillo (Howze & Smith, 2022). Other teiid lizards have been previously recorded interacting with giant armadillo burrows, such as *Tupinambis teguixin* (Linnaeus, 1758) in Pantanal wetlands (Desbiez & Kluyber, 2013). Here we record four teiid species interacting with burrows created by the giant armadillo, which indicates these structures could be providing shelter, resources, and thermoregulation opportunities for these species. This highlights the importance of acknowledging ecological interactions and interdependencies between different species in the management and conservation of ecosystems

(Diamond, 1984), and emphasizes the crucial role of the giant armadillo as an ecosystem engineer (Fontes et al., 2020).

The availability of armadillo burrows may be crucial for the sheltering and survival of teiid species in the Cerrado savanna, a tropical environment that is suffering from continuous habitat degradation. The degradation of the Cerrado has a significant impact on the fauna associated with the savanna vegetation, including the recorded teiid species and the threatened giant armadillo (Reynolds et al., 2016). The lack of habitat and decreasing environmental quality and increasing isolation of individuals can lead to a reduction in population and eventually local extinction of the species, which would be an irreparable loss to the biodiversity of the region (Desbiez & Kluyber, 2013; Ferraz-Almeida & Mota, 2021; Fontes et al., 2020). Consequently, the loss of keystone species such as the giant armadillo would lead to losses of biotic interactions such as those enabled by the use of their burrows by multiple vertebrate and invertebrate species (Ferraz-Almeida & Mota 2021; Fontes et al., 2020).

The Cerrado of Mato Grosso do Sul suffers from high rates of deforestation and fragmentation, with only 16% of the state area still covered by native Cerrado. These fragments are small, averaging only 9 ha, and only 1.6% of the area of these remnants is inside strictly protected areas (Reynolds et al., 2016). Hence, PNMP is one of the largest strictly protected remnants of native Cerrado in Mato Grosso do Sul, covering 8,000 ha. The park is crucial for local biodiversity conservation, as shown by the relevant species records presented in this study. Further studies should focus on the park's contribution to metapopulations and landscape connectivity in this highly degraded Cerrado region, beyond just its biodiversity composition.

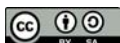
Overall, the use of camera traps provided a non-invasive and efficient way to document the presence of four teiid species (*A. ameiva*, *T. quadrilineatus*, *S. dusei*, and *S. merianae*) interacting with giant armadillo burrows in an understudied savanna location. The results of this study contribute to our understanding of these species' distribution and habitat requirements, highlighting the importance of preserving and protecting threatened species to maintain ecological interactions (Fontes et al., 2020). Results from this study further highlight the importance of the PMNP, in which almost no research has been conducted, but is an important refuge for fauna in a rapidly changing landscape.

Acknowledgements.— DJS thanks CNPq for his research fellowship (CNPq 309420/2020-2). This study is part of the Giant Armadillo Conservation Program which is funded by several

partners listed in www.icasconservation.org.br. This project in particular received funding from IUCN Save Our Species grant # 2022A-19, Future for Nature, Zoo Augsburg and Conservation Nation. We confirm that all author observed appropriate ethical and legal guidelines and regulations to conduct this research.

CITED LITERATURE

- Avila-Pires, T.C.S. 1995. Lizards of Brazilian Amazonia (Reptilia: Squamata). *Zoologische Verhandlungen* 299:1-706.
- Aya-Cuero, C., A. Rodríguez-Bolaños & M. Superina. 2017. Population density, activity patterns, and ecological importance of giant armadillos (*Priodontes maximus*) in Colombia. *Journal of Mammalogy* 98:770-778.
- Bispo, G.B.S., R.F., Santos, M.L. Pompeo, S.F.B. Ferraz, C.B. Rodrigues & B.M. Brentan. 2023. The effects of natural forest and *eucalyptus* plantations on seven water-related ecosystem services in Cerrado landscapes. *Perspectives in Ecology and Conservation* 21:41-51.
- Carter, T.S., M. Superina & D.M. Leslie. 2016. *Priodontes maximus* (Cingulata: Chlamyphoridae). *Mammalian Species* 48:21-34.
- Colli, G.R., A.K.J. Peres & H.J. Cunha. 1998. A new species of *Tupinambis* (Squamata: Teiidae) from Central Brazil, with an analysis of morphological and genetic variation in the genus. *Herpetologica* 54:477-492.
- Costa, H.C., V.A. São Pedro, A.K. Péres Jr. & R.N. Feio. 2008. Reptilia, Squamata, Teiidae, *Tupinambis longilineus*: distribution extension. *Check List* 4:267-268.
- Desbiez, A.L.J. & N. Attias. 2022. The imperiled giant armadillo: ecology and conservation. Pp. 155-165. In D.A. DellaSala & M.I.B.T.I.T.E.C. Goldstein (Eds.), *Imperiled: The Encyclopedia of Conservation*. Elsevier, Oxford, England.
- Desbiez, A.L.J. & Kluyber, D. 2013. The role of giant armadillos (*Priodontes maximus*) as physical ecosystem engineers. *Biotropica* 45:537-540.
- Desbiez, A.L.J., G.F. Massocato, D. Kluyber, C.D.N. Luba & N. Attias, N. 2019. How giant are giant armadillos? The morphometry of giant armadillos (*Priodontes maximus* Kerr, 1792) in the Pantanal of Brazil. *Mammalian Biology* 95:9-14.
- Di Blanco, Y.E., A.L. Desbiez, D. Di Francescantonio & M.S. Di Bitetti. 2020. Excavations of giant armadillos alter environmental conditions and provide new resources for a range of animals. *Journal of Zoology* 311:227-238.
- Diamond, J.M. 1984. "Normal" extinctions of isolated populations. Pp. 191-246. In M.H. Nitecki (Ed.), *Extinctions*. University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Drummond, L.O, A.J.R. Cruz, H.C. Costa & C.A. Braga. 2014. New records of the teiid lizards *Kentropyx paulensis* (Boettger, 1893) and *Tupinambis duseni* Lönnberg, 1910 (Squamata: Teiidae) from the state of Minas Gerais, southeastern Brazil. *Check List* 10:1549-1554.
- Ferraz-Almeida, R. & R.P. Mota. 2021. Routes of soil uses and conversions with the main crops in Brazilian Cerrado: a scenario from 2000 to 2020. *Land* 10:1135.
- Ferraz, K.M.P.M.B., B. Gomes de Oliveira, N. Attias & A.L.J. Desbiez. 2021. Species distribution model reveals only highly fragmented suitable patches remaining for giant armadillo in the Brazilian Cerrado. *Perspectives in Ecology and Conservation* 19:43-52.
- Fontes, B.L., A.L.J. Desbiez, G.F. Massocato, A.C. Srbek-Araujo, T.M. Sanaiotti, H.G. Bergallo, A.C. Ferregueti, C.H.R. Noia, V.R. Schettino, R. Valls, D.O. Moreira, A. Gatti, E.S. Mendonça & A. Banhos. 2020. The local extinction of one of the greatest terrestrial ecosystem engineers, the giant armadillo (*Priodontes maximus*), in one of its last refuges in the Atlantic Forest, will be felt by a large vertebrate community. *Global Ecology and Conservation* 24:e01357.
- Guedes, T.B., O.M. Entiauspe-Neto & H.C. Costa. 2023. Lista de répteis do Brasil: atualização de 2022. *Herpetologia Brasileira* 1:56-161.
- Harvey, M.B., G.N. Ugueto & R.L. Gutberlet Jr. 2012. Review of teiid morphology with a revised taxonomy and phylogeny of the Teiidae (Lepidosauria: Squamata). *Zootaxa* 3459(1):1-156.
- Howze, J.M. & L.L. Smith. 2022. Habitat use for two heliothermic lizards in longleaf pine savannas. *Southeastern Naturalist* 21:246-257.
- Huey, R.B. & E.R. Pianka. 1977. Seasonal variation in thermoregulatory behavior and body temperature of diurnal Kalahari lizards. *Ecology* 58:1066-1075.



- Kearney, M., R. Shine & W.P. Porter. 2009. The causes and consequences of variation in lizard body temperature. *Journal of Thermal Biology* 34:84-91.
- Klink, C.A. & R.B. Machado. 2005. Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology* 19:707-713.
- Huey, B.R. 1982. Temperature, physiology, and the ecology of reptiles. n: Gans, C., Pough, F.H. (Eds.), *Biology of the Reptilia*, Vol. 12. Academic Press, New York, pp. 25-74.
- Lönnberg, E. & L.G. Andersson. 1910. A new lizard and a new frog from Paraná. *Arkiv för Zoologi* 6:1-11.
- Manzani, P.R. & A.S. Abe. 1997. A new species of *Tupinambis* Daudin, 1802 (Squamata, Teiidae) from central Brazil. *Boletim do Museu Nacional Nova Série Zoologia* 382:1-10.
- Massocato, G.F. & A.L.J. Desbiez. 2017. Presença e importância do tatu-canastra, *Priodontes maximus* (Kerr, 1792), na maior área protegida do leste do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. *Edentata* 18:26-33.
- Massocato, G.F. & A.L. Desbiez. 2019. Guidelines to identify individual giant armadillos, *Priodontes maximus* (Kerr, 1792) through camera traps. *Edentata* 20:1-16.
- Montaño, R.R., R.L. Cuéllar, L.A. Fitzgerald, F. Mendoza, F. Soria, C.V. Fiorello, S.L. Deem, A.J. Noss. 2013. Activity and ranging behavior of the red tegu lizard *Tupinambis rufescens* in the Bolivian Chaco. *South American Journal of Herpetology* 8:81-88.
- Oliveira, H.J. & Costa, H.C. 2022. Novos registros dos lagartos *Ameivula cipoensis* Arias et al., 2014, *Enyalius capetinga* Breitman et al., 2018, *Psilops paeminosus* (Rodrigues, 1991) e *Tupinambis quadrilineatus* Manzani & Abe, 1997 (Squamata) para o estado de Minas Gerais, Brasil, através da ciência cidadã. *Cuadernos de Herpetología* 36:259-264.
- Péres, Jr., A.K. & G.R. Colli. 2004. The taxonomic status of *Tupinambis rufescens* and *T. duseni* (Squamata: Teiidae), with a redescription of the two species. *Occasional Papers of the Sam Noble Oklahoma Museum of Natural History* 15:1-12.
- Pianka, E.R. 1974. Niche overlap and diffuse competition. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 71:2141-2145.
- Pianka, E.R. 2017. *Ecology and Natural History of Desert Lizards: Analyses of the Ecological Niche and Community Structure*. Princeton University Press, Princeton, USA.
- Reynolds, J., K. Wesson, A. Desbiez, J. Ochoa-Quintero & P. Leimgruber. 2016. Using remote sensing and random forest to assess the conservation status of critical cerrado habitats in mato grosso do sul, Brazil. *Land* 5:1-12.
- Rocha, C.F.D., H.G. Bergallo & D. Peccinini-Seale. 1997. Evidence of an unisexual population of the Brazilian whiptail lizard genus *Cnemidophorus* (Teiidae), with description of a new species. *Herpetologica* 53:374-382.
- Rodrigues, A.A., M.N. Macedo, D.V. Silvério, L. Maracahipes, M.T. Coe, P.M. Brando, J.Z. Shimbo, R. Rajão, B. Soares-Filho, M.C.M. Bustamante. 2022. Cerrado deforestation threatens regional climate and water availability for agriculture and ecosystems. *Global Change Biology* 28:6807-6822.
- Silva, M.B., M.A. Ribeiro-Jr & T.C.S. Ávila-Pires. 2018. A new species of *Tupinambis* Daudin, 1802 (Squamata: Teiidae) from Central South America. *Journal of Herpetology* 52:94-110.
- Vitt, L.J. 1991. An introduction to the ecology of Cerrado lizards. *Journal of Herpetology* 25:79-90.



NOTES ON DIET AND A CASE OF KERATOPHAGY IN THE LIZARD *LEPIDOPHYMA GAIGEA* (XANTUSIIDAE) FROM QUERÉTARO, MEXICONOTAS SOBRE DIETA Y UN CASO DE QUERATOFAGIA EN LA LAGARTIJA *LEPIDOPHYMA GAIGEA* (XANTUSIIDAE) DE QUERÉTARO, MÉXICO

Axel Arturo Sandoval-Ponce, Claudia Jazmín Martínez-Ramírez, Martín Córdova-Romero & Raciél Cruz-Elizalde*

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

*Correspondence: cruzelizalde@gmail.com

Received: 2023-06-27. Accepted: 2023-08-03. Published: 2023-08-15.

Editor: Sean Rovito, México.

Abstract.— Currently, the feeding ecology of the xantusid lizard *Lepidophyma gaigeae* is virtually unknown. In this study, we identified the prey of the species from specimens deposited in collections. Our data shows that the diet of this species consists exclusively of insects comprising five orders. Additionally, we report the first case of keratophagy for both the genus and this particular species. The data presented here increase our knowledge of the natural history of this species. Importantly, this information can be used as a reference for future studies pertaining to the ecology and conservation of the species.

Key words.— Feeding ecology, lizards, natural history, Sierra Gorda.

Resumen.— Actualmente, la ecología alimentaria de la lagartija xantusida *Lepidophyma gaigeae* es prácticamente desconocida. En este estudio identificamos las presas de la especie a partir de ejemplares depositados en colecciones. Nuestros datos mostraron que la dieta de esta especie consiste exclusivamente en insectos que comprenden cinco órdenes. Adicionalmente, reportamos el primer caso de queratofagia tanto para el género como para esta especie en particular. Los datos aquí presentados aumentan nuestro conocimiento sobre la historia natural de esta especie. Es importante destacar que esta información se puede utilizar como referencia para futuros estudios relacionados con la ecología y la conservación de la especie.

Palabras clave.— Ecología alimentaria, lagartijas, historia natural, Sierra Gorda.

The lizard *Lepidophyma gaigeae* Mosauer, 1936 is a species endemic to Mexico, specifically in the states of Querétaro, San Luis Potosí, Hidalgo, and Guanajuato, in temperate forests such as pine-oak and scrub, where they use specific microhabitats such as cracks and holes in rocks (Dixon & Lemos-Espinal, 2010; Bezy, 2019). The species has a restricted geographic distribution and assessment of its distribution unfortunately determined that these populations are in decline (Mendoza-Quijano, 2007). Currently, studies on this species specifically addressing its natural history are scarce. With respect to reproduction, this species is viviparous, producing at least two litters per year, with births usually taking place at the end of May and beginning of June; the litter size varies between two and four embryos with a mean on 2.5 (Goldberg & Camarillo-Rangel, 2003). However, with regards to its diet, although this lizard has been categorized

as insectivorous (Dixon & Lemos-Espinal, 2010), there is no detailed information on its diet composition. In this note we provide important information on the types of prey that were consumed by specimens of *L. gaigeae* in the northern region of Querétaro, México.

We analyzed five specimens of *L. gaigeae* deposited in the Amphibian and Reptile Collection of the Autonomous University of Querétaro (CAR-UAQ-29 to 33). The specimens were collected in the locality of El Madroño, Landa de Matamoros, Querétaro (21.28306° N, 99.15306° W; 1,800 m). The stomach contents were removed from all individuals and a stereomicroscope was used to identify prey at the taxonomic order level, and the number of prey was counted. Plant material was also identified.

From the five individuals, we recorded a total of five prey categories belonging to the class Arachnida and the orders Blattodea, Isoptera, Orthoptera, and Phasmida, in addition to the consumption of its own molt in one specimen (identified according to Bezy, 2019) and plant material (Table 1). This type of insectivorous diet for this species has been previously

mentioned by Dixon & Lemos-Espinal (2010) and also attributed to other species in the genus *Lepidophyma* (Bezy, 2019); however, no information on specific insect categories is available. In this study, we also report a mainly insectivorous diet, similar to that other species in the genus such as *L. sylvaticum* and *L. occulor* (Ramírez-Bautista et al., 2014). Additionally, the presence of

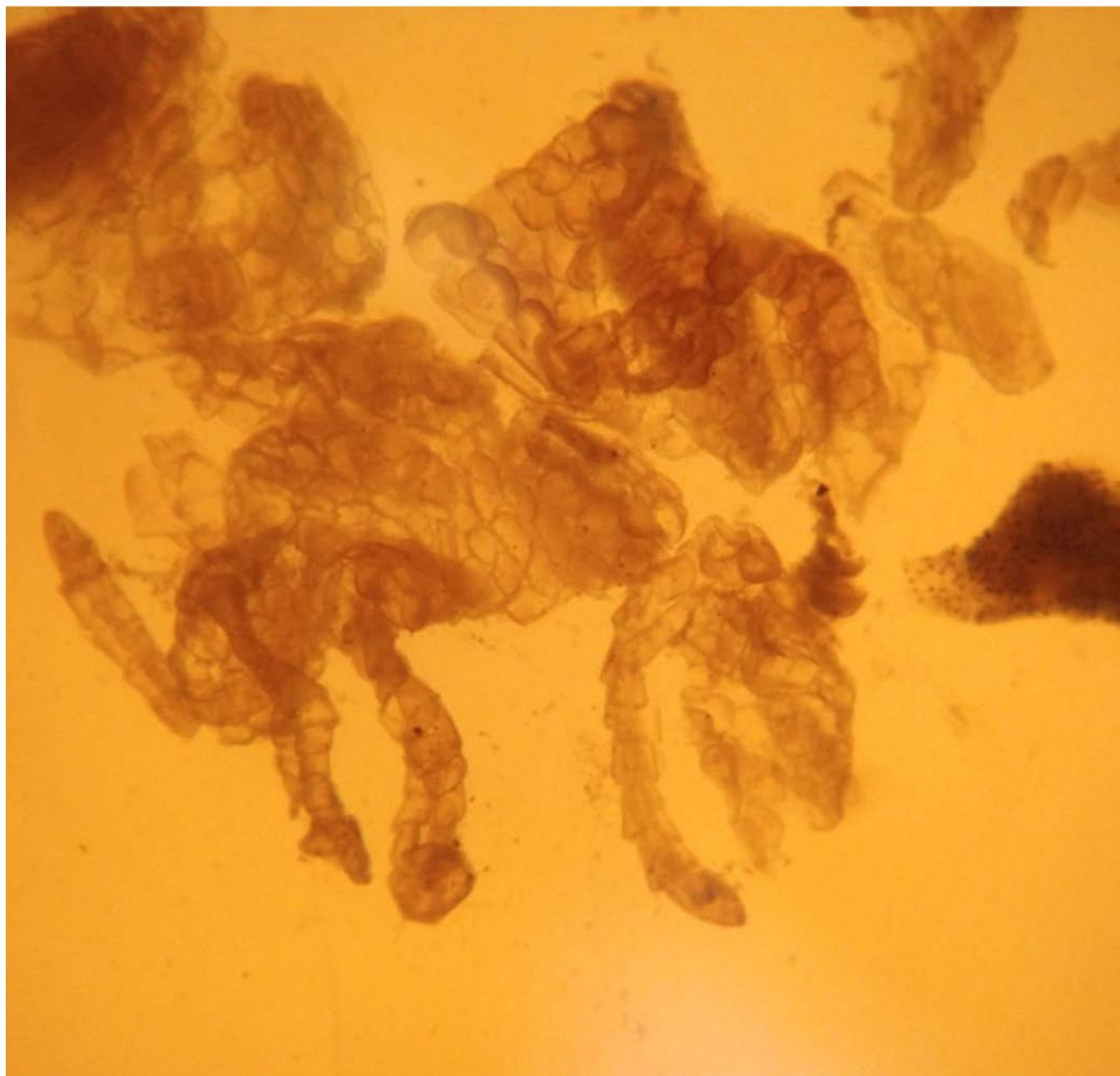


Figura 1. Muda consumida por *Lepidophyma gaigeae*. Foto: Axel Arturo Sandoval-Ponce.

Figura 1. Molt consumed by *Lepidophyma gaigeae*. Photo: Axel Arturo Sandoval-Ponce.

Tabla 1. Resumen de categorías de presas y abundancia por lagartija.**Table 1.** Summary of prey categories and abundance by lizard.

Prey category	CAR-UAQ-29	CAR-UAQ-30	CAR-UAQ-31	CAR-UAQ-32	CAR-UAQ-33
Arachnida		1			
Blattodea		1			
Isoptera	1		1		1
Orthoptera			1		
Phasmida	1				
Molt				1	
Plant material		1			

nematodes was recorded in four of the five stomach contents. The presence of nematodes in Xantusiidae has been previously recorded by Goldberg et al (2015). One important aspect to highlight is the presence of lizard molt in the stomach contents of one individual (Fig. 1). The behavior called dermatophagy or keratophagy is common in lizards; however, in the family Xantusiidae, it had only been reported for *Xantusia henshawi* and *X. riversiana* (Mitchell et al., 2006). Consequently, this observation represents the first report for the genus *Lepidophyma* and also for this species in particular. This behavior may be associated with various causes, with the nutritional contribution being the most relevant (Mitchell et al., 2006), since a high proportion of skin consumed was recorded, as opposed to be regarded as just accidental. Finally, the consumption of vegetable matter is presumed to be accidental, since it only occurred in a single organism, in addition to the fact that the habits of the species suggest a diet associated with prey in crevices.

The information provided in this publication increases our knowledge on the diet of *L. gaigeae*. Additionally, the observation of keratophagy indicates that this species also uses other uncommon food resources. The data obtained from specimens deposited in collections also highlight the importance of collecting. Even though we examined a small sample of lizards, these individuals revealed important clues on the prey items the species consumes in its natural habitats; however, it is necessary to carry out long-term studies with much larger samples that ultimately will benefit the conservation plans for this species.

Acknowledgements.- We are grateful to Mauricio Jafet Núñez de la Cruz, Diego Alejandro Sánchez Góngora, and Paola Favian for logistical support. We also thank the Cuerpo Académico de Ecología y Diversidad Faunística and the Colección de Anfibios y Reptiles (CAR-UAQ) of the Universidad Autónoma de Querétaro. We thank Vicente Mata Silva for the revision of the English and comments on the work. Lastly, we thank the CONANP PROREST/ETM/40/2022 project for partial financing of field trips in Sierra Gorda. Collecting permits (SEMARNAT SGPA/DGVS/00770/22 and SGPA/DGVS/00769/22) were issued to RCE.

LITERATURE CITED

- Bezy, R. 2019. Night Lizards: Field Memoirs and a Summary of the Xantusiidae. ECO Herpetological Publishing and Distribution, Korea.
- Dixon, J.R. & J.A. Lemos-Espinal. 2010. Anfibios y Reptiles del Estado de Querétaro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F.
- Goldberg, S.R. & J.L. Camarillo-Rangel. 2003. Natural history notes. *Lepidophyma gaigeae* (Gauge's Tropical Night Lizard). Reproduction. Herpetological Review 34:246.
- Goldberg, S.R., C.R. Bursey & R.L. Bezy. 2015. A summary and discussion of helminth parasites reported from xantusiid lizards with a new nematode record from *Lepidophyma smithii* (Squamata: Xantusiidae). Herpetological Review 46:501-505.
- Mendoza-Quijano, F. 2007. *Lepidophyma gaigeae*, in The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-2. <https://www.iucnredlist.org> [Consultado en Junio 2023]
- Mitchelli, J.C., J.D. Groves & S.C. Walls. 2006. Keratophagy in reptiles: review, hypotheses, and recommendations. South American Journal of Herpetology 1:42-53
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, R. Cruz-Elizalde, C. Berriozabal-Islas, D. Lara-Tuñiño, I. Goyenechea Mayer-Goyenechea & J.M. Castillo-Cerón. 2014. Los Anfibios y Reptiles de Hidalgo, México: Diversidad, Biogeografía y Conservación. Sociedad Herpetológica Mexicana A.C., Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, México.



DISTRIBUCIÓN Y PREFERENCIA DE HÁBITAT DEL COCODRILO DE PANTANO (*CROCODYLUS MORELETII*) EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIAN KA'AN

DISTRIBUTION AND HABITAT PREFERENCE OF THE SWAMP CROCODILE (*CROCODYLUS MORELETII*) IN THE SIAN KA'AN BIOSPHERE RESERVE

Jesús Vázquez-Ramos¹, Ángel Echeverría¹, Carlos González-Rebeles², Raúl Ulloa-Arvizu³, Kathleen Ann Babb-Stanley⁴ & Alejandro Villegas^{4*}

¹Ciencia y Comunidad por la Conservación A. C., Providencia, número 795, Colonia Las Garzas, C. P. 23079, La Paz, Baja California Sur.

²Depto. de Fauna Silvestre y Animales de Laboratorio, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México C. P. 04510, Ciudad de México.

³Depto. de Genética y Bioestadística, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México C. P. 04510, Ciudad de México.

⁴Laboratorio de Vertebrados, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México C. P. 04510, Ciudad de México.

*Correspondence: alejandrovillegas@ciencias.unam.mx

Received: 2023-05-29. Accepted: 2023-08-01. Published: 2023-08-23.

Editor: Norberto Martínez-Méndez, México.

Abstract. – Crocodiles are considered a key species since they help the proper functioning of the ecosystem with their activities, keeping water courses open and increasing the recycling of nutrients, and providing shelters in the body of water for other species during the dry season. The objective of this study was to assess the characteristics of the habitat that intervene in the distribution of crocodiles in the northern zone of the Sian Ka'an Biosphere Reserve (RBSK). In the months of July to September 2018, we carried out 18 surveys with a team of three people, with a total sampling effort of 120 hours and 349 km covered, which were navigated with a boat on the edge of the lagoons. In both lagoons (Muyil and Chunyaxché) a total of 63 records of *Crocodylus moreletii* were obtained. Nine habitats were recorded in both lagoons: Mangrove, Sawgrass, Aquatic Vegetation, Everglades palm, Cane grass, Southern bulrush, Mangrove/Everglades palm, Mangrove/Southern bulrush, and Mangrove/Florida thatch palm. Principal Component Analysis showed that *Rhizophora mangle* and *Cladium jamaicense* are important in habitat preference in relation to crocodile size categories. The hatchlings, subadults and adults present a higher frequency of distribution and preference in the Mangrove habitat. On the other hand, the juveniles recorded a predominant distribution in the Sawgrass habitat. Emphasis should be placed on the relevance of the red Mangrove and Sawgrass species as essential habitat characteristics that determine the distribution and preference of the Morelet's crocodile in the northern zone of the RBSK.

Key words. – Protected Natural Area, conservation, Crocodylidae, wetland, mangrove, vegetation.

Resumen. – Los cocodrilos se consideran especie clave ya que con sus actividades ayudan al buen funcionamiento de los ecosistemas que habitan, manteniendo abiertos los cursos de agua e incrementando el reciclaje de nutrientes, y proporcionando refugios en el cuerpo de agua para otras especies durante la época de sequía. El objetivo de este estudio fue conocer las características del hábitat que intervienen en la distribución de los cocodrilos en la zona norte de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an (RBSK). En el mes de julio a septiembre de 2018, realizamos 18 muestreos con un equipo de tres personas, con un esfuerzo total de muestreo de 120 horas y 349 km recorridos los cuales se navegaron con una embarcación al margen de las lagunas. En ambas lagunas (Muyil y Chunyaxché) se obtuvieron en total 63 registros de *Crocodylus moreletii*. En ambas lagunas se registraron nueve hábitats: Manglar, Zacatal, Vegetación

acuática, Tasistal, Carrizal, Tular, Manglar/Tasistal, Manglar/Tular y Manglar/Palmar. El Análisis de Componentes Principales mostró que *Rhizophora mangle* y *Cladium jamaicense* tienen importancia en la preferencia de hábitat con relación a las categorías de talla de los cocodrilos. Las crías, subadultos y adultos presentan una mayor frecuencia de distribución y preferencia en el hábitat de Manglar. Por otra parte, los jóvenes registraron una distribución predominante en el hábitat de Zacatal. Se debe hacer énfasis en la relevancia de las especies mangle rojo y el zacatal como características indispensables del hábitat que determinan la distribución y preferencia del cocodrilo de pantano en la zona norte de la RBSK.

Palabras clave. – Área Natural Protegida, conservación, Crocodylidae, humedal, manglar, vegetación.

INTRODUCCIÓN

El concepto de hábitat es importante en ecología, ya que es la piedra angular en el manejo de fauna silvestre. Mitchell (2005) define al hábitat como un espacio donde un organismo o un grupo de organismos encuentran las condiciones fundamentales para formar una población de acuerdo con el arreglo estructural y la condición física del entorno. Por otra parte, la distribución de las especies en el hábitat es un atributo que resume la historia evolutiva, ecológica y las necesidades fisiológicas de una especie, y está relacionado con las características biológico-ambientales como la vegetación, la alimentación, la reproducción, la temperatura, la salinidad, la profundidad de los cuerpos de agua, entre otras (Dobzhansky, 1950; Zunino & Palestrini, 1991; Peterson, 2001; Zunino & Zullini, 2003; Frankham et al., 2012; Maciel-Mata et al., 2015). La preferencia de hábitat se puede evaluar a nivel poblacional, y es consecuencia (del comportamiento) de la selección o uso asimétrico de unos recursos sobre otros por parte de cada individuo de la población de forma no aleatoria entre los hábitats potenciales (Krausman, 1999; Morris, 2003; Meager & Utne-Palm, 2007). Puede ser inferida, o evaluada de manera indirecta, por medio del uso que hace el organismo de algunos recursos físicos y biológicos en diferentes hábitats (Litvaitis et al., 1994; Matthiopoulos, 2003).

Los cocodrilos se consideran especie clave de su hábitat, ya que con sus actividades ayudan al buen funcionamiento del ecosistema, manteniendo abiertos los cursos de agua e incrementando el reciclaje de nutrientes, y proporcionando refugios en el cuerpo de agua para otras especies durante la época de sequía (Ross, 1998). Sin embargo, la literatura que respalda estas afirmaciones es limitada. Quedan muchos vacíos de conocimiento en nuestra comprensión sobre la importancia ecológica de los cocodrilos y la escala y las vías a través de las cuales podrían influir en la estabilidad y funcionalidad de los ecosistemas acuáticos (Somaweera et al., 2020). La modificación, pérdida y degradación de los humedales por actividades humanas, es un factor importante que impacta a las poblaciones de cocodrilos. Dichas alteraciones pueden tener efectos en la

biología de la especie, modificando la preferencia de los hábitats, así como su distribución buscando además lugares óptimos para anidar (Faeth et al., 2005; Corado-García et al., 2020; Flores-Escalona et al., 2021). El cocodrilo de pantano, *Crocodylus moreletii* (Duméril & Bibron, 1851), es una especie que se encuentra en el Apéndice II de CITES, solo para las poblaciones de México y Belice. Además, está catalogada como “Sujeta a Protección Especial” en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en México (Diario Oficial de la Federación [DOF], 2010), y como de “Importancia Menor” (Least Concern) en la Lista Roja de las Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN; Cedeño-Vázquez et al., 2012). Se distribuye en un área de 450,000 km², abarcando las tierras bajas del Atlántico, en el Caribe de Guatemala, Belice y México (Ross, 1998). *Crocodylus moreletii* habita cuerpos de agua como los humedales, arroyos, ciénagas, lagunas y ríos (Casas-Andreu, 1997; Platt & Thorbjarnarson, 2000; Corado-García et al., 2020; Flores-Escalona et al., 2021). Los cocodrilos realizan movimientos de un cuerpo de agua a otro al inundarse los terrenos que habitan, saliendo de sus escondites ampliando su territorio, y cuando llega la sequía, se refugian en charcas o en sus cuevas (Álvarez del Toro, 1974; Navarro, 2005; Platt, 2000).

La presencia de *C. moreletii* en la Península de Yucatán está ligada a extensas sabanas de pastos con numerosos canales de agua dulce y con abundantes petenes (zonas más altas que permiten el establecimiento de islotes de selva). También hay cocodrilos aislados al interior de la selva, habitando pequeños cuerpos de agua como aguadas y cenotes, a los que acceden por su alta capacidad de desplazamiento por tierra (Navarro, 2005). En Quintana Roo es común que esta especie se encuentre en casi todos los cuerpos de agua dulce: cenotes, lagunas, sabanas, manglares, ríos, charcas y en ocasiones en lagunas costeras (Hoil et al., 1986; Lazcano-Barrero, 1990; Cedeño-Vázquez, 1999; Merediz, 1999; Zamudio et al., 2004; Álvarez, 2005; Villegas, 2006).

El objetivo de este trabajo fue determinar la preferencia de hábitat de *Crocodylus moreletii* en la zona norte de la Reserva de la

Biósfera Sian Ka'an mediante el análisis de la distribución de los individuos en cada tipo de vegetación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

En el estado de Quintana Roo se encuentra la Reserva de la Biósfera Sian ka'an, dentro de la cual se hallan las Lagunas Muyil y Chunyaxché. Al Este, se conectan con el sistema lagunar Boca Paila-Caapechen, el cual representa un ecotono entre ambientes continentales y costeros. Muyil es una zona de uso público, quiere decir que son superficies que presentan atractivos naturales en donde es posible mantener concentraciones de visitantes para realizar actividades de investigación, monitoreo del ambiente, educación ambiental y turismo, sin exceder la capacidad de carga del ecosistema (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas [CONANP], 2014). La ruta de registro para la colecta de datos del cocodrilo de pantano corresponde al Sistema Lagunar

Muyil-Chunyaxché. La cuál está conformada por dos sitios, correspondientes a cada una de las lagunas, las cuales abarcan un perímetro de 30.18 km (Fig. 1)

Caracterización del hábitat

El trabajo de campo se llevó a cabo de julio a septiembre de 2018. En julio se realizaron cinco muestreos, en agosto siete y en septiembre seis. Antes de la puesta del sol, se recorrieron los sitios de la ruta de muestreo para reconocer y caracterizar el área, dentro de la caracterización del hábitat se tomó en cuenta a la vegetación. Para evaluar el tipo de hábitat y la estructura de la vegetación, se identificó a las especies herbáceas y leñosas en el punto donde cada cocodrilo se avistó durante los muestreos nocturnos (Matteucci & Colma, 1982; Cleverger & Waltho, 2000; Platt & Thorbjarnarson, 2000; Villegas & Reynoso, 2013; González-Trujillo et al., 2014). Se estimó el porcentaje de vegetación en los sitios de avistamientos realizando cuadrantes de 10 m x 10 m delimitados por una cuerda graduada cada 10 m. Dentro

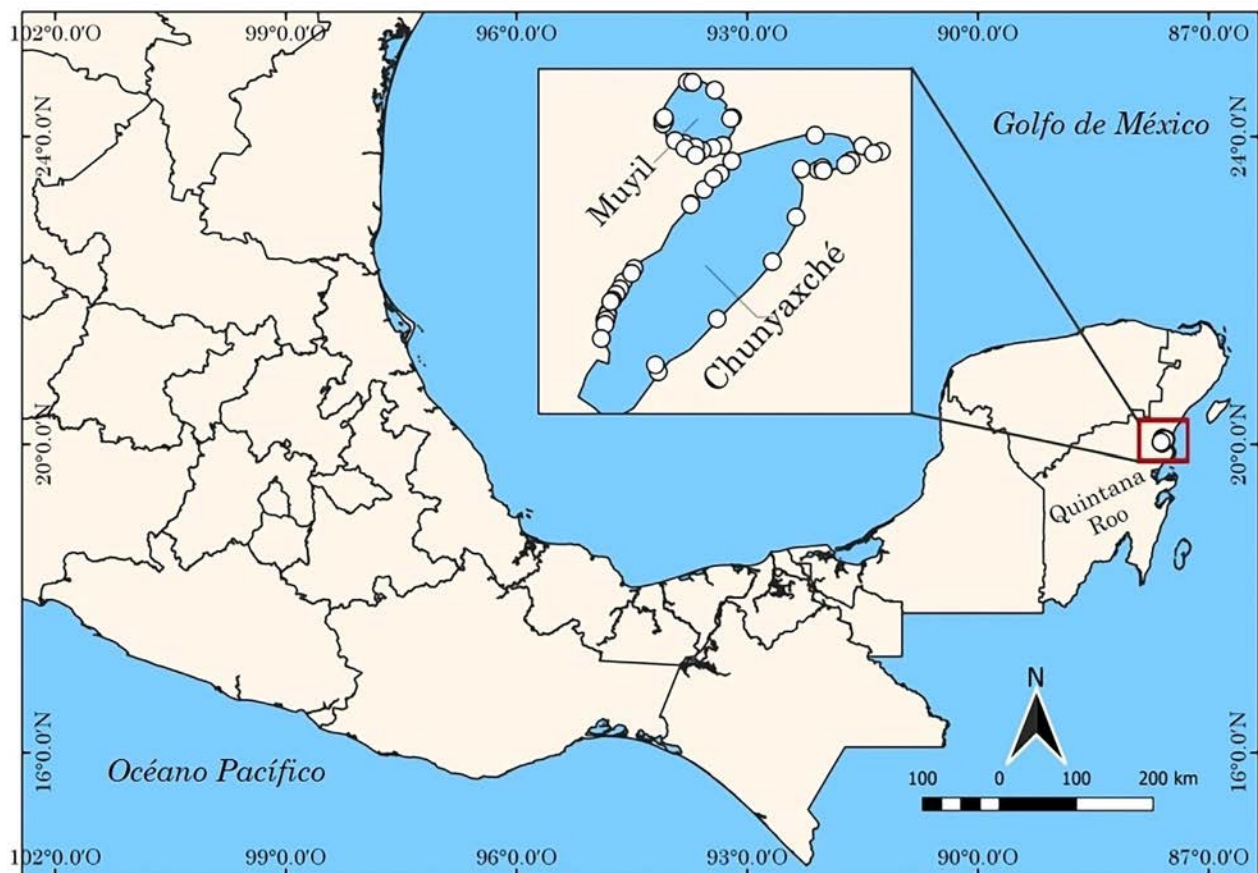


Figure 1. Study site, Muyil-Chunyaxché lagoon system, Sian Ka'an Biosphere Reserve, Quintana Roo.

Figura 1. Sitio de estudio, sistema lagunar Muyil-Chunyaxché, Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Quintana Roo.

de cada cuadrante se identificó a la vegetación con la ayuda de las siguientes guías ilustradas de campo: Plantas indicadoras de humedales (Lot et al., 2015), Guía de campo: identificación de los manglares en México (Agraz-Hernández et al., 2006) y el Programa de Manejo Complejo Sian Ka'an (CONANP, 2014).

Muestreos nocturnos de cocodrilos

Los muestreos se realizaron con un equipo de tres personas, y un esfuerzo total de muestreo de 120 horas y 349 km recorridos los cuales se navegaron con una embarcación al margen de las lagunas. La toma de datos se categorizó en cuatro apartados siguiendo el método de Sánchez-Herrera et al. (2011): a) Detección Visual Nocturna (DVN); b) Marcaje y Recaptura de Ejemplares (MRE); c) Ubicación de Nidos (UN).

Método de Detección Visual Nocturna (DVN)

El conteo por DVN comenzó de 15 a 30 minutos después del anochecer siguiendo una ruta definida por el margen de las lagunas y utilizando una embarcación de 5 m de eslora, impulsada con motor fuera de borda o con palanca, dependiendo de las características y condiciones que se presentaron en las lagunas. Los cocodrilos se ubicaron con un reflector de mano marca Truper de 150 lúmenes y haz de luz led a 334 m. Se tomaron las georreferencias con un GPS marca Garmin modelo eTrex 20. Se estimó la longitud total del ejemplar (distancia de la punta del hocico a la punta de la cola) y se estableció la clase de talla según el criterio de Sigler et al. (2011): Cría (menor a 0.5 m); Joven (de 0.51 m a 1.0 m); Subadulto (de 1.01 m a 1.5 m); y Adulto (> 1.5 m). Para evitar sesgos durante los muestreos, se procuraron noches nubladas, sin luz de luna, con un mínimo de viento y sin lluvias. La ausencia de luminosidad lunar permitió ubicar con mayor facilidad el destello de los ojos de los cocodrilos con el haz de luz de la lámpara. Cada sitio se recorrió en su totalidad, de esta manera se evitaron omisiones en los conteos al momento del muestreo (Sigler et al., 2011).

Método de Marcaje y Recaptura de Ejemplares (MRE)

Es un complemento al DVN que permite obtener información complementaria a partir de los ejemplares capturados. Para la captura de los ejemplares se utilizaron técnicas de manipulación directa: captura manual y captura con lazo de acero y pértiga. La elección de la técnica dependió de la talla y las condiciones ambientales de cada situación. Los ejemplares capturados se inmovilizaron de las mandíbulas y extremidades con ligas, cintas adhesivas o lazos para prevenir accidentes en la toma de datos (Villegas & Reynoso, 2013), y fueron se cubiertos de los ojos con una tela de algodón húmeda para evitar el estrés. El método de marcaje fue mediante el empleo de grapas metálicas inoxidables, grabadas con un código alfanumérico, la cual se colocó en una

pata trasera entre el tercer y cuarto dedo (Domínguez-Laso et al., 2011). Asimismo, se identificó el sexo examinando la cloaca, excepto en los neonatos (Brazaitis, 1973). Se registró la masa corporal (con básculas portátiles), también se determinó la Longitud Total (LT) con el uso de una cinta métrica estandarizada y se categorizó en la clase de talla correspondiente.

Método de Ubicación de Nidos (UN)

Se realizaron de dos a tres búsquedas diurnas por semana en las lagunas. Se hicieron recorridos por agua a una velocidad no mayor a 15 km/h y a una distancia de entre 5 y 10 m de la orilla, y por tierra cuando las condiciones lo permitieron, haciendo énfasis en las zonas en donde hubo rastros visibles de la presencia de cocodrilos (resbaladeros, asoleaderos y veredas). Una vez localizadas las áreas potenciales, se ejecutaron recorridos a pie, buscando otros rastros que indicaran la presencia de nidos, que incluían senderos, montículos falsos o huellas a lo largo de la orilla de las lagunas (Villegas et al., 2011; Villegas et al., 2017). Una vez localizados los nidos, se registró la posición geográfica, así como la caracterización de la vegetación dentro de un cuadrante de 10 m x 10 m.

Análisis de datos

Para evaluar si los cocodrilos se distribuyen al azar o tienen alguna preferencia de hábitat se aplicó una prueba de chi-cuadrada de bondad de ajuste usando el programa estadístico MegaStat Ver. 10.4 para Excel (Guerra, 2014; Orris, 2017), considerándose significativas a un $\alpha = 0.05$. Adicional, a esto se realizó una prueba *post hoc* ajustando los residuales con la corrección de Bonferroni para determinar cuáles son los hábitats que presentan diferencias significativas. También se aplicó un Análisis de Componentes Principales (ACP) para establecer qué tipo de vegetación determina las preferencias del hábitat por cada clase de edad, para este análisis se usó el programa PAST ver. 4.10.

RESULTADOS

De manera general, en ambas lagunas (Muyil y Chunyaxché) se obtuvieron en total 63 registros de *Crocodylus moreletii*, de los cuales 37 fueron con el método DVN y 21 con MRE. También se registraron cinco nidos en la zona (Tabla 1). En ambas lagunas se registraron nueve hábitats: Manglar, Zacatal, Vegetación acuática, Tasistal (Palmera erecta, hermafrodita, generalmente con el tronco recto y formado en grupos de diversas alturas, de hasta 4 m de altura y 6-10 cm de diámetro de tronco, cubierto por las vainas persistentes de las hojas y por los restos de la base de los pecíolos, tornándose desnudo en su parte baja con el paso de los años, se le puede encontrar en lugares inundados

periódicamente o permanentemente resistiendo condiciones de alta salinidad, en bajos y sabanas), Carrizal, Tular, Manglar/Tasistal, Manglar/Tular y Manglar/Palmar (Fig. 2). Estos nueve hábitats se conformaron por 12 especies: *Rhizophora mangle*

(mangle rojo), *Cladium jamaicense* (cortadera), *Phragmites australis* (carrizo), *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo), *Eleocharis cellulosa* (popote), *Typha domingensis* (tule), *Nynphaea ampla* (nenúfar), *Acoelorrhaphe wrightii* (tasiste), *Chrysobalanus*

Table 1 Record of *Crocodylus moreletii* with the DVN and MRE method, the site and mean with standard deviation (DE) of total length of organisms. Sex and undetermined organisms I= Undetermined.

Tabla 1. Registro de *Crocodylus moreletii* con el método DVN y MRE, el sitio y la media con desviación estándar (DE) de la longitud total de los organismos. Sexo y organismos indeterminados I= Indeterminado.

Método	Sitio	N	Longitud Total (Media y ES)	Sexo
DVN	Muyil	11	134.54 ± 63.30	-
	Chunyaxché	26	122.30 ± 69.01	-
MRE	Muyil	7	199.32 ± 69.10	3♀, 4♂
	Chunyaxché	14	158.4 ± 69.27	6♀, 6♂, 2 I

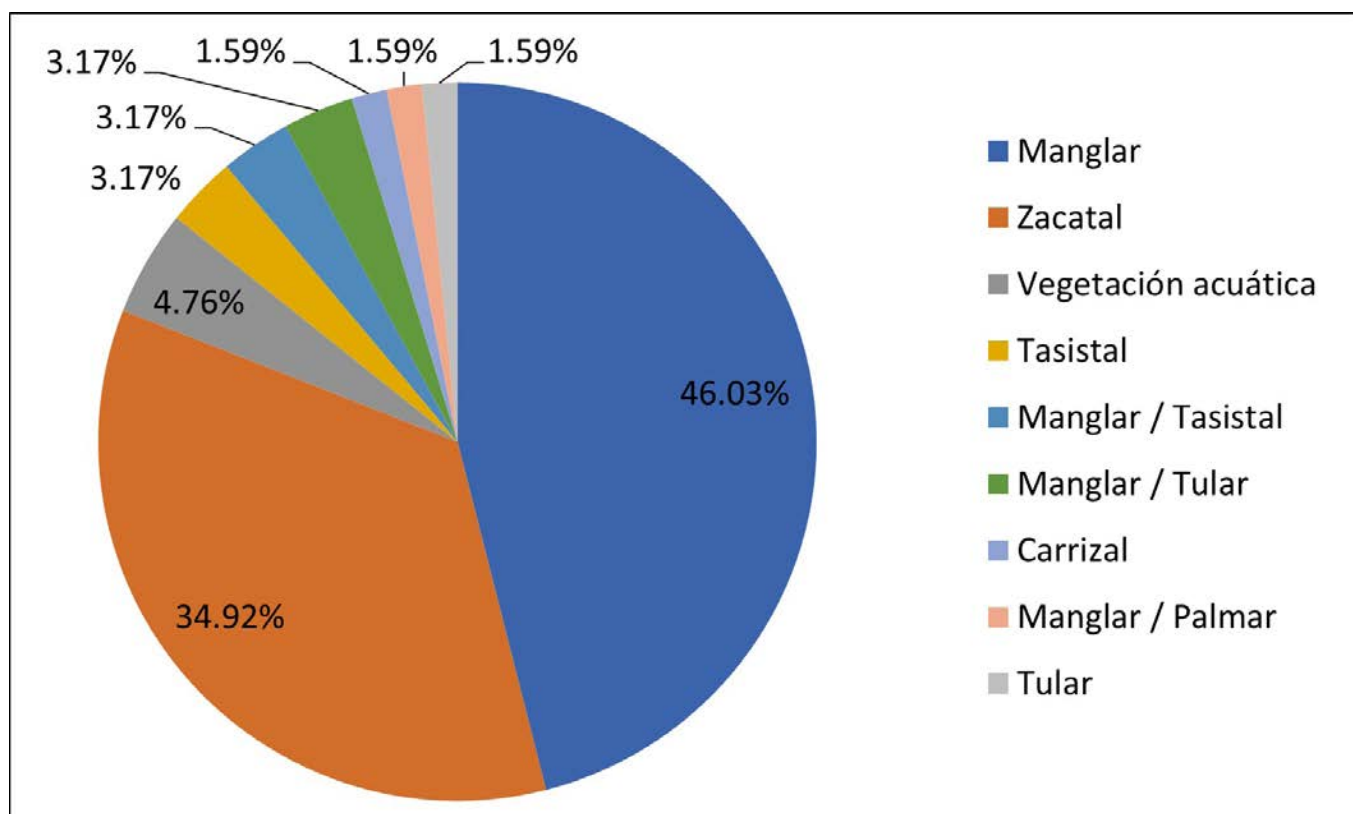


Figure 2. Type of habitat and percentage cover of habitats in Muyil and Chunyaxché.

Figura 2. Porcentaje de las especies vegetales registradas en las lagunas Muyil y Chunyaxché.

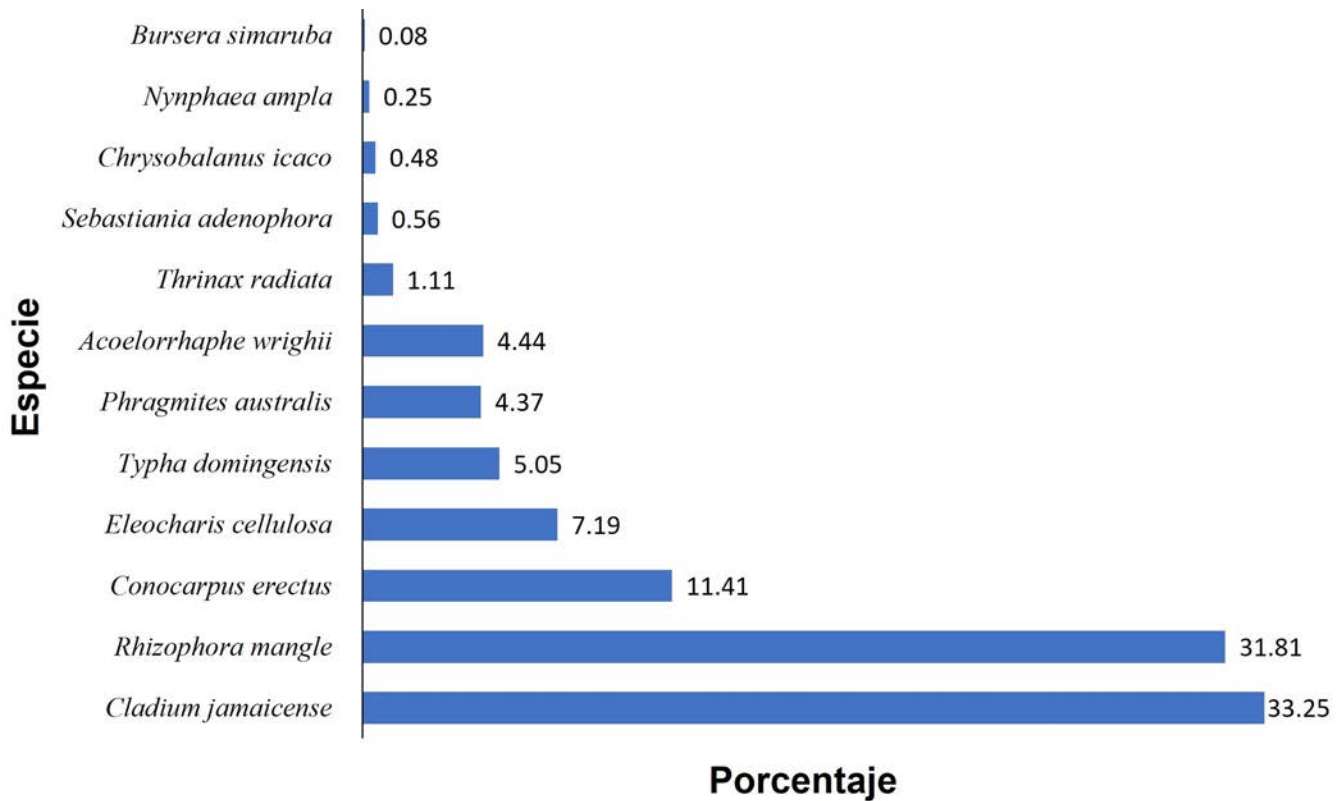


Figure 3. Percentage of plant species registered in the Muyil and Chunyaxché lagoons.

Figura 3. Porcentaje de las especies vegetales registradas en las lagunas Muyil y Chunyaxché.

icaco (jicaco), *Sebastiania adenophora* (chechén), *Bursera simaruba* (chacá) y *Thrinax radiata* (chit) (Fig. 3).

Distribución y preferencia de hábitat de *Crocodylus moreletii*

Se encontró que *C. moreletii* está presente en ambas lagunas y se distribuye en los nueve hábitats con una frecuencia de registros de 29 (46.03%) en Manglar, 22 (34.92%) en Zacatal, 3 (4.76%) en Vegetación acuática, Tasistal, y Manglar/Tasistal, 2 (3.17%) en Manglar/Tular, y por último en Carrizal, Manglar/Palmar y Tular solo se obtuvo un registro (1.59%). El análisis de chi-cuadrada muestra diferencias significativas ($\chi^2 = 129.71$, $gl = 8$, $p = 3.24 \times 10^{-24}$), indicando preferencias por hábitats (Tabla 2). Por categoría de talla, en total se registraron 10 Crías, 14 Jóvenes, 9 Subadultos y 25 Adultos.

Las Crías se distribuyeron en cuatro hábitats que fueron Manglar con seis individuos registrados (60%), Manglar/Tular con dos registros (20%), y Manglar/Tasistal (10%) y Tasistal (10%) con solo un registro cada uno. El análisis de chi-cuadrada no mostró diferencias significativas ($\chi^2 = 6.80$, $gl = 3$, $p = 0.078$), por lo que no existe preferencia por un hábitat en particular en las

Crías. Sin embargo, con la prueba *post hoc* después de la corrección de Bonferroni no se encontró diferencia significativa en ningún tipo de hábitat (ver Tabla 2). Los Jóvenes se distribuyeron en cuatro hábitats, ocho en Zacatal (57.14%), cuatro en Manglar (28.57%), uno Manglar/Palmar (7.14%) y Vegetación acuática (7.14%), encontrando diferencias significativas ($\chi^2 = 9.43$, $gl = 3$, $p = 0.024$) en la preferencia por hábitats. Sin embargo, con la prueba *post hoc* después de la corrección de Bonferroni no se encontró diferencia significativa en ningún tipo de hábitat.

Los subadultos se distribuyeron en cuatro hábitats, cinco en Manglar (55.56%), dos en Zacatal (22.22%), y uno en Vegetación acuática (11.11%) y Tasistal (11.11%). No se encontraron diferencias significativas para determinar que existe preferencia por algún hábitat en esta clase de talla ($\chi^2 = 4.78$, $gl = 3$, $p = 0.188$). Sin embargo, con la prueba *post hoc* después de la corrección de Bonferroni no se encontró diferencia significativa en ningún tipo de hábitat. Por último, los Adultos se distribuyeron en cinco hábitats: 13 en Manglar (52%), nueve en Zacatal (36%), y uno en Tular (4%), Vegetación acuática (4%) y Carrizal (4%), mostrando diferencias significativas ($\chi^2 = 2.60$, $gl = 4$, $p = 0.00002$) en la

Table 2. Recording frequency of crocodiles by size class in different habitats in the northern area of the Sian Ka'an Biosphere Reserve. The p-values from the *post hoc* test are shown under the values of the observed frequencies. p value (*) and p value with Bonferroni correction (**).

Tabla 2. Frecuencia de registro de los cocodrilos por clase de talla en los diferentes hábitats en la zona norte de la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an. Los valores de p de la prueba *post hoc* se muestran bajo los valores de las frecuencias observadas. Valor de p (*) y valor de p con la corrección de Bonferroni (**).

Clase de talla	Hábitat								
	Manglar	Zacatal	Manglar / Tular	Manglar / Palmar	Vegetación acuática	Manglar / Tasistal	Tasistal	Tular	Carrizal
Crías	6	0	2	0	0	1	1	0	0
	0.414*	0.015*	0.001*	0.645*	0.416*	0.027*	0.211*	0.645*	0.645*
	1.000**	0.549**	0.058**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**
Jóvenes	4	8	0	1	1	0	0	0	0
	0.090*	0.025*	0.416*	0.073*	0.702*	0.569*	0.416*	0.569*	0.569*
	1.000**	0.922**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**
Subadultos	5	2	0	0	1	0	1	0	0
	0.634*	0.463*	0.537*	0.665*	0.381*	0.665*	0.170*	0.665*	0.665*
	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**
Adultos	13	9	0	0	1	0	0	1	1
	0.621*	0.647*	0.210*	0.379*	0.725*	0.379*	0.210*	0.246*	0.246*
	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**	1.000**

distribución en los hábitats. Sin embargo, con la prueba *post hoc* después de la corrección de Bonferroni no se encontró diferencia significativa en ningún tipo de hábitat. Con relación al sexo, se capturaron 10 machos, nueve hembras y dos individuos a los que no se les pudo determinar el sexo. Los machos se distribuyeron en tres hábitats, siete en Manglar, uno en Tular y dos en Zacatal, encontrando diferencias significativas ($\chi^2=6.20$, $gl=2$, $p=0.045$) en la distribución entre hábitats de manglar principalmente. Las hembras solo se distribuyeron en dos hábitats, cuatro en Manglar y cinco en Zacatal, sin diferencias significativas ($\chi^2=0.11$, $gl=1$, $p=0.738$).

En el Análisis de Componentes Principales (Fig. 4), la gráfica permite visualizar que los vectores más representativos corresponden a las especies *Rhizophora mangle* y *Cladium jamaicense* que explican el 98.83% de la varianza. La proyección de la variable *R. mangle* se encuentra en el extremo derecho del eje CP1, al igual que las categorías de crías y subadultos, por lo que se puede inferir que estas categorías de talla de cocodrilos prefieren a este hábitat. Por otra parte, la proyección de la variable *C. jamaicense* se encuentra en el CP2, al igual que las categorías

jóvenes y adultos. Esto indica que estas dos especies vegetales tienen importancia en la preferencia de hábitat con relación a las categorías de talla.

Preferencia del hábitat de anidación

En ambas lagunas se registraron cinco nidos de *C. moreletii* de los cuales, tres se encontraron en la laguna Muyil y dos en la laguna Chunyaxché. Se identificaron tres tipos de hábitat en los cuales los cocodrilos construyeron sus nidos, los cuales fueron tres en Zacatal (60%) y solo uno en Manglar (20%) y Manglar/Tasistal (20%).

Los tres hábitats registrados para anidar se conformaron estructuralmente por ocho especies distintas: *R. mangle*, *C. jamaicense*, *P. australis*, *C. erectus*, *E. cellulosa*, *A. wrightii*, *S. adenophora* y *T. radiata*. De las cuales *C. jamaicense* (cortaderera) fue la especie más representativa conformando el 53%, seguido de *C. erectus* (mangle botoncillo) con el 19%, y el restante 28% lo conformaron las otras especies antes mencionadas. El 95% de material de construcción de los nidos fue con *C. jamaicense*.

DISCUSIÓN

En este estudio, se observó que *Crocodylus moreletii* está presente en ambas lagunas y se distribuye en los nueve hábitats que conforman al sistema lagunar Muyil- Chunyaxché, siendo los hábitats con mayor preferencia el Manglar y el Zacatal. Esto coincide con otros estudios que indican que, dentro de la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an (RBSK), *C. moreletii* se distribuye en una gran variedad de hábitats, pero principalmente en islas de mangle y en las sabanas (Zamudio et al., 2004; Sánchez-Méndez, 2016). Al comparar la distribución del cocodrilo con relación a las categorías de talla, se encontró que las crías, los subadultos y los adultos tienen una mayor frecuencia de distribución en el hábitat de manglar, mientras que la categoría de jóvenes se distribuye con mayor frecuencia en el hábitat Zacatal (Ver Tabla 2). Esto también lo han registrado otros autores, quienes comentan que la distribución de las especies en el hábitat está relacionada con las características biológico-ambientales, como la vegetación,

alimentación, reproducción, temperatura, salinidad y profundidad de los cuerpos de agua (Kushlan & Mazzotti, 1989; Thorbjarnarson, 1989; Brown et al., 1996; Espinosa-Blanco & Seijas, 2010; Corado-García et al., 2020; Flores-Escalona et al., 2021). Sin embargo, en la prueba *post hoc* mostró que no existe una preferencia de hábitat, por lo que *C. moreletii* probablemente se distribuye de manera azarosa en la zona.

Por otra parte, se registró una mayor frecuencia de crías en el hábitat de Manglar, sin embargo, la prueba estadística no mostró diferencias significativas. A este respecto, se ha observado que los manglares pueden tener la función de zonas de “guardería” donde los cocodrilos permanecen en sus etapas más vulnerables hasta que alcanzan la madurez para trasladarse a otros hábitats (Messel et al., 1981; Cedeño-Vázquez & Pérez-Rivera, 2010; Villegas & Reynoso, 2013; Villegas et al., 2017). En la categoría de jóvenes, la mayor frecuencia de individuos se registró en el hábitat Zacatal, aunque el análisis estadístico indica que no hay

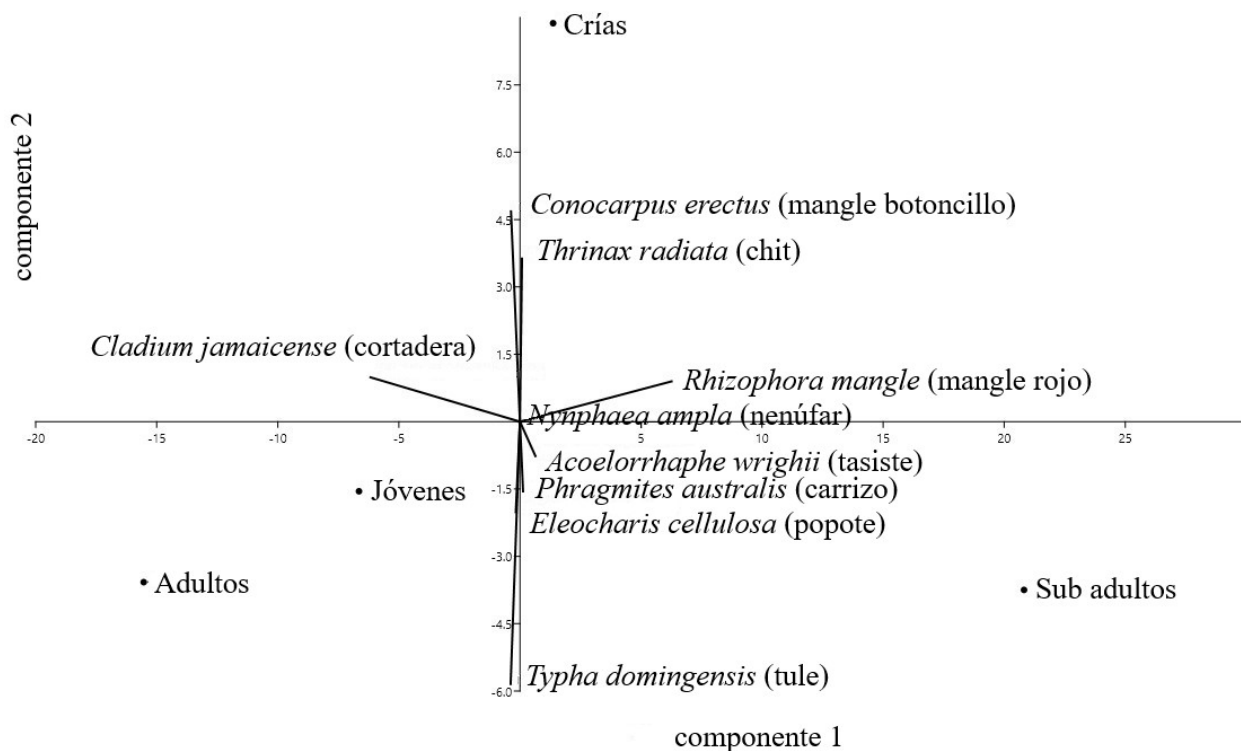


Figure 4. Representation obtained from the plant species in the plane of the first two principal components in relation to the size categories. The vectors represent the biotic variables (plant species), and the points represent the size categories. Principal component one explains 85.96% of the variance, while principal component two explains 12.87%.

Figura 4. Representación obtenida de las especies vegetales en el plano de los dos primeros componentes principales con relación a las categorías de talla. Los vectores representan las variables bióticas (especie vegetal), y los puntos representan a las categorías de talla. El componente principal uno explica el 85.96% de la varianza, mientras que el componente principal dos el 12.87%.

selectividad hacia este tipo de hábitat por los cocodrilos (ver Tabla 2), sin embargo, la presencia de cocodrilos en el Zacatal puede estar asociada a que este podría estar proporcionando zonas inundables, que forman canales de agua dulce, pozas y petenes a través de las cuales estarían ampliando su zona de desplazamiento (Brazaitis, 1973; Álvarez del Toro, 1974; Navarro, 2005; Pérez-Higareda, 1979; Hoil et al., 1986; Lazcano-Barrero, 1990; Cedeño-Vázquez, 1999; Merediz, 1999; INE, 1999; Platt & Thorbjarnarson, 2000; Casas-Andreu, 2002; Zamudio et al., 2004; Álvarez, 2005; Villegas, 2006; Sánchez-Méndez, 2016). Para los subadultos no se encontraron diferencias significativas de registros entre hábitats, por lo que no parecen tener preferencia por algunos de los hábitats disponibles, esto podría deberse a que tienen una mayor capacidad de desplazamiento realizando movimientos de uno a otro hábitat (Álvarez del Toro, 1974; Navarro, 2005). Se ha confirmado que esta categoría no es tan vulnerable a depredadores naturales como las otras categorías, y poco dependiente de un solo hábitat en particular, su rango hogareño es mucho más extenso que en categorías de menor talla muy probable a las interacciones de dominancia con cocodrilos machos de mayor talla (Brazaitis, 1973; Álvarez del Toro, 1974; Pérez-Higareda, 1979; Hutton, 1989; INE, 1999; Casas-Andreu, 2002; Villegas, 2006), y por lo tanto se distribuyen de manera equitativa en hábitats de vegetación acuática, manglar, arbolados, rocosos, asentamientos humanos y aguas abiertas (Platt & Thorbjarnarson, 2000; Cedeño-Vázquez et al., 2006; Villegas & Reynoso, 2013).

En la categoría de Adultos, se registró una mayor frecuencia de individuos en el hábitat de Manglar, lo que es también encontrado argumentado por otros autores (Hoil et al., 1986; Lazcano-Barrero, 1990; Cedeño-Vázquez, 1999; Merediz, 1999; Platt & Thorbjarnarson, 2000; Zamudio et al., 2004; Álvarez, 2005; Sánchez-Méndez, 2016; Corado-García et al., 2020; Flores-Escalona et al., 2021). Sin embargo, se han registrado otros hábitats de preferencia para esta categoría, como vegetación acuática, arbolados, agua abierta y arbustos-epífita (Leyte-Manrique & Ramírez-Bautista, 2005; Villegas & Reynoso, 2013).

Respecto al sexo, se observó que los machos tienen una mayor frecuencia de registros en el Manglar, mientras que en las hembras solo se encontraron en Manglar y en Zacatal. Este tipo de cobertura vegetal les proporciona a las hembras los materiales necesarios como materia vegetal compuesta por hojas, tallos y ramas para la elaboración de sus nidos (López-Luna et al., 2011). Para el hábitat de anidación, no se observaron diferencias significativas, lo que podría deberse a que el cocodrilo de pantano solo anida en hábitats que se estructuran con un alto porcentaje de Zacatal o Manglar. En el presente estudio, no es

posible apreciar que el cocodrilo de pantano esté anidando en diversos hábitats como lo descrito por otros autores, los cuales indican que se han encontrado nidos a la orilla de los cuerpos de agua, en islas naturales (en zonas de manglar y sabana) y artificiales (en zonas perturbadas o con fines de agricultura), en selva tropical, vegetación flotante, espadañal, tular, sobre los lirios, entre matorrales, gramíneas y otro tipo de vegetación secundaria (Campbell, 1972; Hoil et al., 1986; Lara, 1990; Pacheco, 1996; Figueroa, 2000; Sigler & Sarmiento, 2004; Platt et al., 2008; Escobedo-Galván et al., 2011; Rueda-Cordero et al., 2017; Villegas et al., 2017; Pérez-Flores et al., 2018). Sin embargo, sí se observa que prefieren anidar en hábitats con vegetación densa como lo son las zonas de Manglar y Sabana (De Lucenay, 1940; Hoil et al., 1986; Platt, 1994, 1995; Figueroa, 2000; SEMARNAP, 2000).

En la zona norte de Sian Ka'an, el cocodrilo de pantano construye sus nidos con tres tipos de vegetación, sin embargo, prefiere a la especie *Cladium jamaicense* (Cortadera). Los resultados obtenidos podrían demostrar que el cocodrilo de pantano no está construyendo sus nidos con materiales del hábitat de manera aleatoria, sino que se está presentando un comportamiento específico para seleccionar a la especie *Cladium jamaicense*. Sin embargo, en otros trabajos se ha reportado que las hembras son oportunistas y no hay selección en cuanto al material de construcción del nido, ya que puede ser utilizado cualquier tipo de vegetación o material disponible (Hoil et al., 1986; Casas-Andreu & Rogel-Bahena, 1986; Lara, 1990; Figueroa, 2000; Platt et al., 2008; Escobedo-Galván et al., 2011; López-Luna et al., 2011).

La asociación de los cocodrilos a los hábitats de manglar puede deberse a que este le proporciona múltiples servicios (Villegas & Schmitter-Soto, 2008). Esto es debido a que las raíces de los manglares proporcionan un sustrato adecuado para muchas otras especies que viven en el agua como los peces, crustáceos y moluscos en diversas etapas de su ciclo de vida. Además, la compleja estructura vertical de los manglares es utilizada para descanso y anidación de diversas especies de aves, iguanas, monos, mapaches, coatíes, entre otros, proporcionando así una zona de refugio y alimentación para el cocodrilo en cualquiera de sus etapas de desarrollo (Agraz-Hernández et al., 2006; CONABIO, 2009).

CONCLUSIONES

En este estudio se determinaron las características del hábitat en los que más registros de frecuencia de cocodrilos se tuvieron y que influye en su distribución en la zona norte de la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an. También se caracterizaron en ambas

lagunas (Muyil y Chunyaxché) nueve hábitats y se cuantificó su estructura con 12 especies vegetales. El hábitat predominante fue el manglar, constituido por *Rhizophora mangle* (mangle rojo), seguido por el zacatal, integrado por *Cladium jamaicense* (cortadera). Se determinó que *C. moreletii* se distribuye en ambas lagunas de la zona norte de la RBSK. Las crías, subadultos y adultos presentan una mayor frecuencia de distribución en el hábitat de manglar. Por otra parte, los jóvenes registraron una distribución predominante en el hábitat de zacatal. Lo anterior permite entender que el hábitat de Manglar es una característica del ecosistema importante para los cocodrilos, y que se debe hacer énfasis en la relevancia de las especies *Rhizophora mangle* y *Cladium jamaicense* como características indispensables del hábitat que tienen efecto en la distribución del cocodrilo de pantano, *C. moreletii*, en la zona norte de la RBSK. Es relevante entender el comportamiento de esta especie, respecto a los factores que determinan su frecuencia y distribución dentro de su hábitat, debido a que son aspectos importantes para considerar en la conservación, no solo de los cocodrilos, sino del ecosistema y así evitar la fragmentación o deforestación del manglar o zacatal.

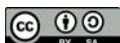
Agradecimientos.— Agradecemos el financiamiento otorgado por el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT IN222017) de la Universidad Nacional Autónoma de México. A la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales por los permisos otorgados (SGPA/DGVS/003063/18). Agradecemos también a Omar Ortíz y Yadira Gómez por el apoyo logístico, a los guardaparques y a todo el personal de la reserva.

LITERATURA CITADA

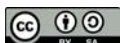
- Agraz-Hernández, C.M., R. Noriega-Trejo, J. López-Portillo, F.J. Flores-Verdugo & J.J. Jiménez-Zacarías. 2006. Guía de campo: identificación de los manglares en México. Universidad Autónoma de Campeche, México.
- Álvarez del Toro, M. 1974. Los Crocodylia de México (Estudio comparativo). IMRNR. México, D.F.
- Álvarez, J. 2005. Notice of finding on a petition to delist the Morelet's crocodile from the list of threatened and endangered species. Federal Register 71:36743-36745.
- Brazaitis, P. 1973. The identification of living crocodilians. Zoologica. Scientific Contributions of the New York Zoological Society 58:59-101.
- Brown, J. H., G.C. Stevens & D.M. Kaufman. 1996. The geographic range: size, shape, boundaries, and internal structure. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics 27:597-623.
- Campbell, H.W. 1972. Preliminary report: status investigations of Morelet's crocodile in México. Zoológica 57:135-136.
- Casas-Andreu, G. 1997. Dispersión o varianza en la distribución de *Crocodylus* en el continente americano. Pp: 21-25. En 4a Reunión regional del Grupo de Especialistas en Cocodrilos de la UICN. CRIA, SECOCOM, UJAT. Tabasco, México.
- Casas-Andreu, G. 2002. Hacia la conservación y manejo sustentable del Lagarto o Cocodrilo de Pantano (*Crocodylus moreletii*) en México. Pp. 27-45. En I.M. Verdade & A. Larriera (Eds.). La Conservación y el Manejo de Caimanes y Cocodrilos de América Latina. Vol. 2. L. M.Y.A. Larriera. Brasil,
- Casas-Andreu, G. & A. Rogel-Bahena. 1986. Observaciones sobre los nidos y las nidadas de *Crocodylus moreletii* en México. Pp. 123-303. En Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Cedeño-Vázquez, J.R. 1999. Preliminary records of *Crocodylus acutus* and *C. moreletii* in Chetumal Bay, Q. Roo, México. Crocodile Specialist Group Newsletter 18:13.
- Cedeño-Vázquez, J.R., J.P. Ross & S. Calmé. 2006. Population status and distribution of *Crocodylus acutus* and *C. moreletii* in southeastern Quintana Roo, México. Herpetological Natural History 10:53-66.
- Cedeño-Vázquez, J. R. & S.D. Pérez-Rivera. 2010. El cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*) en laguna esmeralda, Quintana Roo, México. Revista Latinoamericana de Conservación 1:91-98.
- Cedeño-Vázquez, J.R., S.G. Platt & J.B. Thorbjarnarson (IUCN Crocodile Specialist Group). 2012. *Crocodylus moreletii*. The IUCN Red List of Threatened Species. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2012.RLTS.T5663A3045579.en>. [Consultado en noviembre 2022].
- Clevenger, A.P. & N. Waltho. 2000. Factors influencing the effectiveness of wildlife underpasses in Banff National Park, Alberta, Canada. Conservation Biology 14:47-56.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2014. Programa de Manejo Complejo Sian Ka'an: Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil y Reserva



- de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México D.F.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2009. Manglares de México: Extensión y Distribución. 2ª ed. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Corado-García, V.A., J.O. Cajas-Castillo & J.A. Benítez-Moreno. 2020. Estado poblacional y distribución del cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*) en regiones prioritarias de Petén, Guatemala. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 3:23-33.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección Ambiental. Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestre. Categorías de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio. Lista de Especies En Riesgo. Diario Oficial, México.
- De Lucenay, A.M. 1940. El *Crocodylus acutus mexicanus*. Los ejemplares degenerados del cano del plantar. Depto. de Pesca e Industrias Marítimas.
- Domínguez-Laso, J., O. Hinojosa & S. Padilla. 2011. Método de marcaje y recaptura de ejemplares (MRE). Pp. 129-185. En Programa de Monitoreo del Cocodrilo de Pantano (*Crocodylus moreletii*) México-Belice-Guatemala. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Dobzhansky, T. 1950. Evolution in the tropics. *American Scientist* 38:209-221.
- Escobedo-Galván, A.H., G. Casas-Andreu, G. Barrios-Quiroz, V.H. Sustaita-Rodríguez & M.A. Lopez-Luna. 2011. Observations on nests of *Crocodylus moreletii* in San Luis Potosí, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:315-317.
- Espinosa-Blanco, A.S. & A.E. Seijas. 2010. Uso de hábitat entre cocodrilos en el sistema del río Cojedes, Venezuela. *Revista Latinoamericana de Conservación* 1:112-119.
- Faeth, S.H., P.S. Warren, E. Shochat & W.A. Marussich. 2005. Trophic dynamics in urban communities. *Bioscience* 55:399.
- Figueroa, P.L.F. 2000. Ecología de anidación del cocodrilo de río *Crocodylus acutus* y del cocodrilo de pantano *Crocodylus moreletii* en la zona norte de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo. (Avances en los estudios de la biología reproductiva). Pp: 45-53. En Memorias de la 2a Reunión COMACROM. SEMARNAP. México, D.F.
- Flores-Escalona, C.I., P. Charrau, M.A. López-Luna, C.E. Zenteno-Ruiz, J.A. Rangel-Mendoza & C. Peralta-Carreta. 2021. Population status and habitat preference of *Crocodylus moreletii* Duméril & Bibron, 1851 (Crocodylia: Crocodylidae) within the limits of two protected natural areas in southeastern Mexico. *Herpetology Notes* 14:55-62.
- Frankham, R., Ballou, J., Dudash, M., Eldridge, M., Fenster, C., Lacy, R., Mendelson, J., Porton, I., Ralls, K. & Rider, O. 2012. Implications of different species concepts for conserving biodiversity. *Biological Conservation*, 153:25-31.
- González-Trujillo, R., R. Méndez-Alonzo, V. Arroyo-Rodríguez, E. Vega, A. González-Romero & V.H. Reynoso. 2014. Vegetation cover and road density as indicators of habitat suitability for the Morelet's crocodile. *Journal of Herpetology* 48:188-194.
- Guerra, T. 2014. Bioestadística. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Hoil B.E., M. Carrera, C.A. De Castro & M.A. Bayona. 1986. La Vida del Cocodrilo. Casa de la Naturaleza. Quintana Roo, México.
- Instituto Nacional de Ecología (INE). 1999. Proyecto para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de los Crocodylia en México. SEMARNAP, México.
- Hutton, J. 1989. Movements, home range, dispersal and the separation of size classes in Nile crocodiles. *American Zoologist* 29:1033-1049.
- Krausman, R.P. 1999. Some basic principles of habitat use, grazing behavior of livestock and wildlife. *Idaho Forest. Wildlife and Range Experiment Station Bulletin* 70:85-90.
- Kushlan, J. & F. Mazzotti. 1989. Population biology of the American Crocodile. *Journal of Herpetology* 23:7-21.
- Lara, O. 1990. Estimación del tamaño y estructura de la población de *Crocodylus moreletii* en los lagos Peten-Itza, Petenche y Yaxha, El Peten, Guatemala. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Heredia, Costa Rica.
- Lazcano-Barrero, M.A. 1990. Conservación del cocodrilo en Sian Ka'an. *Amigos de Sian Ka'an* 5:8-10.



- Leyte-Manrique, A. & A. Ramírez-Bautista. 2005. Contribución a la ecología de *Crocodylus moreletii* en el sistema Yucalpetén-Progreso-Chicxulub, Yucatán, México. Sociedad Herpetológica Mexicana 13:69-77.
- Litvaitis, J.A., K. Tittus & E.M. Anderson. 1994. Research and Management Techniques for Wildlife and Habitats. Bookhout, Th.A. ed. Bethesda, Maryland.
- López-Luna, M.A., M.G. Hidalgo-Mihart & G. Aguirre-León. 2011. Descripción de los nidos del cocodrilo de pantano *Crocodylus moreletii* en un paisaje urbanizado en el sureste de México. Acta Zoológica Mexicana 27:1-16.
- Lot, A., M. Olvera, C. Flores, A. Díaz, E. Esparza, Z. Mora. 2015. Guía ilustrada de campo: plantas indicadoras de humedales. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- Maciel-Mata, C.A., N. Manríquez-Morán, P. Octavio-Aguilar & G. Sánchez-Rojas. 2015. El área de distribución de las especies: revisión del concepto. Acta Universitaria 25:3-19.
- Matteucci, S.D. & A. Colma. 1982. Metodología para el Estudio de la Vegetación. OEA, Monografía Científica 22. Washington, D.C., USA.
- Matthiopoulos, J. 2003. The use of space by animals as a function of accessibility and preference. Ecological Modeling, 159:239-268.
- Meager, J.J. & A.C. Utne-Palm. 2007. Effect of turbidity on habitat preference of juvenile Atlantic cod, *Gadus morhua*. Environmental Biology of Fishes 81:149-155.
- Merediz, A. 1999. Ecology, sustainable use by local people, and conservation of Morelet's crocodile *Crocodylus moreletii* in Sian Ka'an Biosphere Reserve, Quintana Roo, México. Master of Science Thesis. S.U. of N.Y. New York, USA.
- Messel, H., G.C. Vorlicek, A.G. Wells & W.J. Green. 1981. Surveys of tidal river systems in the northern territory of Australia and their crocodile populations. Monograph No. 1. Pergamon Press, Sydney.
- Mitchell, S.A. 2005. How useful is the concept of habitat? –a critique. Oikos 110:634-638.
- Morris, D.W. 2003. Toward an ecological synthesis: a case for habitat selection. Oecologia 136:1-13.
- Navarro, S.C.J. 2005. The return of Morelet's crocodile *Crocodylus moreletii*. Reptilia 54-60.
- Orris J. 2017. MegaStat Using Excel. <http://www.mhhe.com/megastat>. [Consultado en marzo 2021].
- Pacheco, C.C. 1996. Análisis preliminar sobre el estado actual de la población de *Crocodylus moreletii* en la Laguna de las Ilusiones, Villa Hermosa, Tabasco, México. Tesis de Licenciatura en Biología. UJAT. Tabasco, México.
- Peterson, A.T. 2001. Predicting species geographic distributions based on ecological niche modeling. The Condor 103:599-605.
- Pérez-Higareda, G. 1979. Morelet's Crocodile (*Crocodylus moreletii* Duméril & Duméril) in the region of Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. Bulletin of the Maryland Herpetological Society 15:20-21.
- Platt, S.G. 1994. *Crocodylus moreletii* and *Crocodylus acutus* in Belize. Crocodile Specialist Group Newsletter 13:15-16.
- Platt, S.G. 1995. Crocodile research in Belize. Crocodile Specialist Group Newsletter 14:11.
- Platt, S.G. 2000. Dens and denning behavior of Morelet's crocodile (*Crocodylus moreletii*). Amphibia-Reptilia 21:232-237.
- Platt, S.G., T.R. Rainwater, J.B. Thorbjarnarson & S.T. McMurry. 2008. Reproductive dynamics of a tropical freshwater crocodilian: Morelet's crocodile in northern Belize. Journal of Zoology 275:177-189.
- 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.
- Ross, J.P. 1998. Crocodiles. Status Survey and Conservation Action Plan. 2nd Edition. IUCN / SSC Crocodile Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- 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 & H. Benítez-Díaz. 2011. Programa de Monitoreo del Cocodrilo



- de Pantano (*Crocodylus moreletii*) México-Belice-Guatemala. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Sánchez-Méndez, W.D. 2016. Distribución e idoneidad del hábitat de *Crocodylus acutus*, *Crocodylus moreletii* y cocodrilos híbridos en Quintana Roo, México. Tesis de maestría. El Colegio De La Frontera Sur, México.
- SEMARNAP (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca). 2000. Proyecto para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de los Crocodylia en México. COMACROM, DGVS, SEMARNAP, México.
- Sigler, L., J.R. Cedeño-Vázquez & F. Cupul. 2011. Método de detección visual nocturna (DVN). Pp. 105-127. En Sánchez-Herrera, O., López-Segurajáuregui, G., García-Naranjo, A.O., Benítez-Díaz, B., Programa de Monitoreo del Cocodrilo de Pantano (*Crocodylus moreletii*) México-Belice-Guatemala. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Sigler, L. & E.M. Sarmiento. 2004. Highest nesting record for Morelet's crocodile *Crocodylus moreletii* in Chiapas, México. Crocodile Specialist Group Newsletter 23:10.
- Somaweera, R., J. Nifong, A. Rosenblatt, M.L. Brien, X. Combrink, R.M. Elsey, G. Gordon, W.E. Magnusson, F.J. Mazzotti, A. Pearcy, S.G. Platt, M.H. Shirley, M. Tellez, J. van der 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.
- Thorbjarnarson, J.B. 1989. Ecology of the American crocodile (*Crocodylus acutus*). Pp. 228- 258. En Hall, P. M. (Ed.), Crocodiles: Their Ecology, Management and Conservation. IUCN- The World Conservation Union Publications, Gland, Switzerland.
- Villegas, A. 2006. Record of Morelet's crocodile in coastal lagoons in south Quintana Roo. Crocodile Specialist Group Newsletter 25:8-9.
- Villegas, A. & J.J. Schmitter-Soto. 2008. Feeding habits of the American crocodile, *Crocodylus acutus* (Cuvier, 1807) (Reptilia: Crocodylidae) in the southern coast of Quintana Roo, Mexico. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 24:117-124.
- Villegas, A., L. Sigler & V.H. Reynoso. 2011. Método de ubicación y seguimiento de nidos (USN). Pp. 187-203. En Sánchez-Herrera, O., López-Segurajáuregui, G., García-Naranjo, A.O., Benítez-Díaz, B., Programa de Monitoreo del Cocodrilo de Pantano (*Crocodylus moreletii*) México-Belice-Guatemala. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Villegas, A. & V.H. 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.
- Villegas, A., G.D. Mendoza, J.L. Arcos-García & V.H. Reynoso. 2017. Nesting of Molerlet's crocodile *Crocodylus moreletii* (Dumeril y Bibron), in Los Tuxtlas, México. Brazilian Journal of Biology 77:724-730.
- Zamudio, F., E. Bello & E. Estada. 2004. Cacería y conocimiento ecológico maya del cocodrilo del pantano (*Crocodylus moreletii* Bibron y Dumeril, 1951) en Quintana Roo, México. Pp. 344-353. En Memorias VI Congreso Internacional sobre Manejo de Fauna Silvestre en Amazonia y Latinoamérica. Iquitos, Perú.
- Zunino, M. & C. Palestini. 1991. El concepto de especie y la biogeografía. Anales de Biología 17:85-88.
- Zunino, M. & A. Zullini. 2003. Biogeografía: la dimensión espacial de la evolución. Fondo de Cultura Económica, México.



EFFECTO ANTRÓPICO EN UNA POBLACIÓN RELICTA DE LA LAGARTIJA *ASPIDOSCELIS COSTATUS* EN LA ZONA HISTÓRICA DE LOS FUERTES EN LA CIUDAD DE PUEBLA, MÉXICO

ANTHROPIC EFFECT ON A RELICT POPULATION OF THE WHIPTAIL LIZARD *ASPIDOSCELIS COSTATUS* AT THE HISTORIC AREA OF LOS FUERTES, CITY OF PUEBLA, MEXICO

Jorge A. Herrera-Flores^{1*}

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

*Correspondencia: jorgeherrera.phd@gmail.com

Received: 2022-11-27. Accepted: 2023-08-09. Published: 2023-08-23.

Editor: Oscar A. Flores-Villela, México.

Abstract.— I report the extinction of a relict population of the whiptail lizard *Aspidoscelis costatus* as a result of its habitat loss after the renovation of the Historic Area of Los Fuertes in the year 2012 in the City of Puebla, Mexico.

Key words. — Habitat loss, environmental impact, native fauna, herpetofauna, Teiidae.

Resumen.— Se reporta la extinción de una población relicta de la lagartija *Aspidoscelis costatus* como consecuencia de la destrucción de su hábitat tras la remodelación de la Zona Histórica de Los Fuertes en el año 2012 en la Ciudad de Puebla, México.

Palabras clave.— Destrucción de hábitat, impacto ambiental, fauna nativa, herpetofauna, Teiidae.

En la ciudad de Puebla, la Zona Histórica de Los Fuertes se ubica muy cerca del centro de la ciudad sobre un cerro llamado Acueyametepec, pero comúnmente conocido como “Cerro de Los Fuertes”, sobre el cual se edificaron Los Fuertes de Loreto y Guadalupe que sirvieron de escenario para la “Batalla de Puebla” del 5 de mayo de 1862. Tras la “Batalla de Puebla”, la Zona Histórica de Los Fuertes permaneció sin grandes modificaciones por varias décadas, sin embargo, desde mediados del siglo pasado, la mancha urbana comenzó a rodear notablemente las laderas del Cerro de Los Fuertes, estableciendo asentamientos humanos. Por otra parte, entre las décadas de 1960 y 1980, la cumbre del cerro sufrió grandes cambios que incluyeron la construcción del Auditorio de la Reforma, el Recinto Ferial (ahora Centro Expositor y de Convenciones de Puebla), el Parque Rafaela Padilla, la plaza de toros “El Relicario”, el Planetario de Puebla, el Museo Regional de Puebla y el Museo de Historia Natural de Puebla (ahora Museo de la Evolución) (García, 1981).

En el otoño del 2005, en una visita a la Zona Histórica de Los Fuertes, se observó una lagartija de color verde brillante con bandas laterales y cola notablemente larga, asoleándose

en las inmediaciones del Auditorio de la Reforma, la que fue identificada por medio visual como una especie perteneciente al género *Aspidoscelis*.

Posteriormente a la Zona Histórica de Los Fuertes, entre los años 2005 y 2011, permitieron identificar que, efectivamente, existía una población de lagartijas del género mencionado (*Aspidoscelis*) habitando en esta zona, considerada en ese momento como una población relicta, ya que estaba aislada y a varios kilómetros de distancia de otras poblaciones de estas lagartijas, que en el municipio de Puebla, solo se localizan en zonas rurales o suburbanas alejadas del centro de la ciudad (Gutiérrez-Mayén, 2013); como por ejemplo al nororiente en la Junta Auxiliar de La Resurrección o muy al sur en el área que rodea al lago de Valsequillo, lugares que están a poco más de 9 kilómetros de distancia en línea recta de la Zona Histórica de Los Fuertes. Por otra parte, se pudo observar que la población de *Aspidoscelis* de la Zona Histórica de Los Fuertes, solo habitaba en ciertas áreas específicas, como las inmediaciones del Auditorio de la Reforma, la Plaza de la Victoria y en los alrededores del Fuerte de Guadalupe, donde tenían sus madrigueras.



Figure 1. Dorsal (A) and ventral (B) view of the specimens MZFC 36604 and MZFC 36605 of the whiptail lizard *Aspidoscelis costatus*, both specimens were collected nearby the Plaza de la Victoria at the hill of Loreto and Guadalupe, City of Puebla.

Figura 1. Vista dorsal (A) y ventral (B) de los especímenes MZFC 36604 y MZFC 36605 de la lagartija *Aspidoscelis costatus* colectados en las inmediaciones de la Plaza de la Victoria en el cerro de Los Fuertes de Loreto y Guadalupe en la Ciudad de Puebla.



Figure 2. View of Plaza de la Victoria from the entrance of the Fort of Guadalupe. This was the area where most individuals of *A. costatus* inhabited; however, since 2012 most of this zone is covered by a large concrete terrace.

Figura 2. Vista de la Plaza de la Victoria desde la entrada del Fuerte de Guadalupe. En esta zona es en donde principalmente habitaban los individuos de *A. costatus*; sin embargo, desde 2012 la mayor parte de esta área fue cubierta por una gran explanada de concreto.

Durante los primeros meses del año 2011, el Gobierno del Estado de Puebla, anunció que para la celebración del “150 aniversario de la Batalla de Puebla”, se realizaría una extensa remodelación de la Zona Histórica de Los Fuertes a la que se le añadiría un teleférico, un lago artificial, numerosos cajones de estacionamiento, además del remozamiento de Los Fuertes de Loreto y Guadalupe, entre muchas obras más (Hernández-Alcántara, 2011). Por lo anterior, y ante la sospecha de que las drásticas modificaciones a la zona pudiesen mermar notablemente a la población de *Aspidoscelis* o incluso extinguirla; se decidió coleccionar algunos especímenes a fin de preservarlos y emplearlos para un futuro estudio taxonómico y de sistemática molecular. El 18 de abril de 2011, un grupo de biólogos, acudió al sitio para hacer una colecta de un par de especímenes, los que se capturaron en las inmediaciones de la

Plaza de la Victoria (19.053056° N, 98.180278° W, 2,240 m s.n.m. WGS84). Más tarde, los especímenes se fijaron y se trasladaron a la Colección Herpetológica del Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera” de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, depositados bajo los números de catálogo MZFC 36604 y MZFC 36605.

Una revisión a detalle de los especímenes en base a coloración y conteo de escamas, permitió identificarlos como una hembra y un macho adultos de la especie *Aspidoscelis costatus* (Fig. 1). La longitud hocico-cloaca para el ejemplar hembra (MZFC 36604) es de 102.2 mm, mientras que el macho (MZFC 36605) es de 113.0 mm. Cabe señalar que *A. costatus*, es una especie ya reportada para el estado de Puebla (García-Vázquez et al., 2009; Woolrich-

Piña et al., 2017), pero para el municipio de Puebla, solo se conocían registros en zonas muy alejadas del centro de la ciudad (Gutiérrez-Mayén, 2013).

Para finales del año 2012, después de que la Zona Histórica de Los Fuertes fuera completamente remodelada y de que concluyeran los festejos por el “150 aniversario de la Batalla de Puebla”, se acudió nuevamente a buscar a las lagartijas en las zonas en las que estas habitaban, lamentablemente, no se observó ningún individuo. Desde finales del año 2012 y hasta mediados del año 2022, se hicieron numerosos recorridos a estos lugares de forma aleatoria, haciendo una amplia búsqueda en toda el área que abarca la Zona Histórica de Los Fuertes, sin tener éxito de encontrar algún ejemplar de *A. costatus*, por lo que, se concluye que la población relicta de esta especie está totalmente extinta. Es bien señalar que, desde principios del año 2012, buena parte del área que está entre la Plaza de la Victoria y la entrada del Fuerte de Guadalupe, justo en la zona en donde las lagartijas tenían sus madrigueras, fue cubierta por una amplia explanada de concreto, destinada para realizar conciertos y eventos masivos para la Feria de Puebla que se realiza cada año entre los meses de abril y mayo (Fig. 2). Por otro lado, se desconoce si previo al inicio de las obras de remodelación de la Zona Histórica de Los Fuertes en 2011, se realizaron estudios de impacto ambiental, no obstante, se puede deducir que la falta de este tipo de estudios o bien la negligencia en la realización de los mismos, fueron una causa determinante para la extinción de la población de *A. costatus*, especie considerada como “Sujeta a protección especial” según la Norma Oficial Mexicana NOM-059 (SEMARNAT, 2010).

Finalmente, es de remarcarse que antes de la desaparición de la población de *A. costatus* aquí reportada, nunca se previó realizar estudios de ámbito hogareño de la población, motivo por el que no se llevaron a cabo muestreos con un diseño metodológico formal, razón por la cual no se cuenta con los datos necesarios para demostrar estadísticamente el declive y extinción de la población, por lo que este reporte se limita a algo puramente anecdótico. Pese a lo anterior, este reporte es de suma importancia debido a que hasta hace relativamente poco tiempo se ha puesto atención en las pequeñas poblaciones de anfibios y reptiles que quedan aisladas en parches o áreas muy limitadas dentro de las grandes ciudades (Ramírez-Bautista et al., 2023), poblaciones que al quedar aisladas y con recursos limitados, se dificulta notablemente su supervivencia, desembocando en extinciones locales como fue el caso de la población relicta de *A. costatus* de la Zona Histórica de los Fuertes en la ciudad de Puebla.

Agradecimientos.— Al Dr. Adrian Nieto Montes de Oca por su ayuda en la identificación taxonómica de los especímenes y por el acceso a la Colección Herpetológica de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Al Dr. Uri Omar García Vázquez (FES Zaragoza) por su apoyo en la realización de este trabajo. Los especímenes se colectaron bajo el Permiso de Colecta FAUT-0243 otorgado a Uri Omar García Vázquez por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

LITERATURA CITADA

- García, M.A. 1981. Puebla, vanguardia en la cultura. El Sol de Puebla (pp. 1-2). [Artículo de periódico impreso publicado el 21 de enero de 1981, consultado en abril 2023]
- García-Vázquez, U.O., L. Canseco-Márquez, G. Gutiérrez-Mayén & M. Trujano-Ortega. 2009. Actualización del conocimiento de la fauna herpetológica en el estado de Puebla. Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana 17:12-36.
- Gutiérrez-Mayén, M.G. 2013. Anfibios y reptiles. Pp. 57-68. En J. Hernández-Castán & R. Mendoza-Cuamatzi (Eds.). Biodiversidad del Municipio de Puebla. Editorial UPAEP, Puebla, México.
- Hernández-Alcántara, M. 2011. Inician seis obras para la modernización de imagen urbana en el Centro Cívico-Cultural 5 de Mayo. La Jornada de Oriente <https://www.lajornadadeorient.com.mx/2011/11/11/puebla/mun306.php> [Consultado en noviembre 2022]
- Ramírez-Bautista, A., C.A. Díaz-Marín, A. García-Rosales & C. Berriozabal-Islas. 2023. ¿Atrapados, sin salida?: el caso de los anfibios y reptiles en la ciudad de Pachuca, Hidalgo, México. Biología y Sociedad 6:34-40.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental- Especies nativas de México de flora y fauna silvestres- Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación 30 diciembre, 2010.
- Woolrich-Piña, G.A., E. García-Padilla, D.L. DeSantis, J.D. Johnson, V. Mata-Silva & L.D. Wilson. 2017. The herpetofauna of Puebla, Mexico: composition, distribution, and conservation status. Mesoamerican Herpetology 4:790-884.



DEPREDACIÓN DE HUEVOS DE LA RANA DE CRISTAL NORTEÑA *HYALINOBATRACHIUM VIRIDISSIMUM* POR LA CULEBRA-CORDELILLA CHATA *IMANTODES CENCHOA* EN UN BOSQUE DE NIEBLA DE VERACRUZ, MÉXICO

PREDATION OF EGGS OF THE NORTHERN GLASSFROG *HYALINOBATRACHIUM VIRIDISSIMUM* BY THE BLUNTHEAD TREE SNAKE *IMANTODES CENCHOA* IN A CLOUD FOREST IN VERACRUZ, MEXICO

Juan Manuel Díaz-García¹, Víctor Vásquez-Cruz^{2,3*}, Adriana Sandoval-Comte⁴, Jorge Ramos-Luna⁴
y Alfonso Kelly-Hernández³.

¹Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Carretera Federal Tlaxcala-Puebla, Km. 1.5, C.P. 90070, Tlaxcala, Tlaxcala, México

²Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Camino viejo Peñuela-Amatlán de los Reyes. S/N. C.P. 94950, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México

³PIMVS Herpetario Palancoatl, Avenida 19 número 5525, Colonia Nueva Esperanza, C.P. 94540, Córdoba, Veracruz, México

⁴Red de Biología y Conservación de Vertebrados. Instituto de Ecología A.C. Carretera antigua a Coatepec 351, El Haya, Xalapa, Veracruz, México. C.P. 91073

*Correspondence: victorbiolvc@gmail.com

Received: 2023-03-29. Accepted: 2023-08-09. Published: 2023-08-23.

Editor: Ireri Suazo-Ortuño, México.

Abstract. — In different ecosystems, snakes are one of the most important predators of amphibians. Nevertheless, to better understand predator-prey dynamics it is necessary to know the identity of the species, something that is usually difficult. Here, we present the first case of predation on a *Hyalinobatrachium viridissimum* egg clutch by the snake *Imantodes cenchoa* in a cloud forest in Veracruz, Mexico.

Keywords. — Amphibian, diet, natural history, predator-prey interaction, stomach content, trophic ecology.

Resumen. — En diferentes ecosistemas, las serpientes son uno de los depredadores más importantes de los anfibios. Sin embargo, para comprender mejor la dinámica depredador-presa es necesario conocer la identidad de las especies, algo que por lo general es difícil. Aquí, presentamos el primer caso de depredación de una puesta de huevos de *Hyalinobatrachium viridissimum* por la serpiente *Imantodes cenchoa* en un bosque de niebla en Veracruz, México.

Palabras clave. — Anfibio, contenido estomacal, dieta, ecología trófica, historia natural, interacción depredador-presa.

En diferentes ecosistemas, las serpientes son uno de los depredadores más importantes y comunes de los anfibios (Wells, 2010). Así mismo, los anfibios se consideran un elemento clave en el flujo de energía entre los ambientes terrestres y acuáticos (Reger et al., 2006). Por lo general, las descripciones de la interacción de depredación serpiente-anfibio se han realizado a través del análisis del contenido estomacal de individuos colectados (e.g., Carbajal-Márquez et al., 2019), o de la examinación de las heces (e.g., Vásquez-Cruz et al., 2017), por lo que la identificación de las presas puede ser difícil. Sin

embargo, las observaciones de depredación en vida silvestre pueden ayudar a identificar a las presas más eficazmente, y con ello brindar información precisa sobre las interacciones entre serpientes y anfibios.

La culebra-cordelilla chata *Imantodes cenchoa* es una serpiente arborícola de la familia Dipsadidae que se distribuye ampliamente en la región Neotropical, desde México hasta Argentina entre los 0 y 1700 m. s.n.m. Esta serpiente puede habitar en ambientes tanto conservados como perturbados que contengan la presencia

de vegetación arbustiva o arbórea (Cunha & Nascimento, 1978; Arzamendia et al., 2019; Uetz et al., 2023). Por lo general, *I. cenchoa* forrajea durante las noches en bromelias, arbustos y árboles (Bartlett & Bartlett, 2003). Los registros sobre sus hábitos alimentarios indican que sus presas principales son las lagartijas del género *Norops* (Myers, 1982; Gutiérrez-Cárdenas & Arredondo-Salgar, 2005; de Sousa et al., 2014; Ferreira et al., 2020; García-Ayachi et al., 2020). Sin embargo, se ha reportado en su dieta la presencia de ítems como alas, huevos y escamas de insectos, además de colas y cráneos de lagartijas sin identificar (de Sousa et al., 2014). Además, se ha documentado que esta serpiente consume ocasionalmente individuos adultos de ranas de los géneros *Prismantis* (Dumeril & Bribon, 1984; Test et al., 1996), *Eleutherodactylus* (Myers, 1982), y *Craugastor* (Rojas-Morales et al., 2021). En solo una ocasión se ha reportado la depredación de

huevos de la rana arborícola *Agalychnis callidryas* por la culebra-cordelilla chata (Scott & Starret, 1974 en Myers, 1982).

La rana de cristal nortea *Hyalinobatrachium viridissimum* es un anuro de la familia Centrolenidae. Esta especie se distribuye desde el sur de México hasta el sur de Honduras y Guatemala, principalmente en bosques tropicales húmedos y bosques de niebla, además de algunos cafetales o bosques moderadamente perturbados (Mendoza-Henao et al., 2020; IUCN, 2022). Esta rana es de hábitos arborícolas mayormente nocturnos. Su reproducción es principalmente durante la temporada de lluvias, donde las hembras depositan nidadas de entre 16 y 40 huevos en el envés de las hojas de árboles cercanos a los arroyos o ríos (Greer & Wells, 1980). Los machos son territoriales y presentan cuidado parental de las nidadas (Ocaña-García et al., 2020). Cuando los



Figure 1. Adult individual of *Imantodes cenchoa* and egg clutch of *Hyalinobatrachium viridissimum* regurgitated by the snake. Photo: Jorge Ramos-Luna (LACM PC 2974).

Figura 1. Individuo adulto de *Imantodes cenchoa* y masa gelatinosa de huevos de *Hyalinobatrachium viridissimum* regurgitada por la serpiente. Foto: Jorge Ramos-Luna (LACM PC 2974).

renacuajos eclosionan de los huevos, caen al agua corriente donde completan su desarrollo (Campbell, 1998; Delia et al., 2010).

En esta nota, presentamos el primer reporte de un caso de depredación de huevos de la rana cristal norteña *H. viridissimum* por un individuo de culebra-cordelilla chata *I. cenchoa* observada en la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México. El 30 de agosto de 2022, aproximadamente a las 22:00 horas encontramos un individuo de culebra cordelilla chata *I. cenchoa* (Longitud total = ~1000 mm) posada sobre una roca en un arroyo, dentro un bosque ripario con vegetación secundaria. Este registro ocurrió en el paisaje formado por bosques de niebla, bosques en restauración y pastizales ganaderos dentro de la Reserva Ecológica La Otra Opción ubicada en la Sierra de Santa Marta - Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas (18.375387° N, 94.927105° O, WGS 84; 988 m s.n.m.). Capturamos al individuo para tomar medidas morfológicas, y al ser manipulado regurgitó una masa gelatinosa con seis huevos pertenecientes a la rana cristal norteña *H. viridissimum* (Fig. 1). De acuerdo con Salazar-Nicholls & del Pino (2015), los huevos se encontraban en estadio 17-18 de desarrollo. En esta etapa los huevos presentan embriones enteros con arcos branquiales, pronefros y yema de la cola (Fig. 2). Después de tomar algunas fotografías de registro, la serpiente

fue liberada en el mismo sitio de captura. Tres fotografías fueron depositadas en la Colección digital del Natural History Museum of Los Angeles, California (LACM PC 2973; 2974; 2975).

Entre los depredadores conocidos de huevos de ranas cristal del género *Hyalinobatrachium* se encuentran principalmente arañas de la familia Ctenidae y Prionostema, larvas de mosca de las familias Drosophilidae, Psychodidae, Syrphidae y Gryllidae, además de varias especies de avispas (Wells, 2007). Para nuestro conocimiento, este es el primer registro de una serpiente como depredador de huevos de la rana cristal *H. viridissimum*. Asimismo, este registro incrementa el número de anfibios que son parte de la dieta de la culebra cordelilla chata *I. cenchoa*. A pesar de ser la primera vez que se reporta esta interacción, puede ser frecuente en vida silvestre debido a que ambas especies comparten a los árboles como sitio para forrajear en el caso de la *I. cenchoa* (Bartlett & Bartlett, 2003), y como sitio para depositar huevos en el caso de *H. viridissimum* (Campbell, 1998). Los huevos de las ranas son seleccionados por sus depredadores probablemente debido a que no implican una inversión energética en la caza, y porque normalmente se pueden encontrar varias nidadas en un sitio (Duellman & Trueb, 1986; Platt et al., 2016; Aguilar-López et al., 2019). Se ha reportado



Figure 2. Close-up photograph of the egg clutch of *Hyalinobatrachium viridissimum* in 17-18 embryonic stage. Photo: Jorge Ramos-Luna (LACM PC 2975).

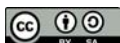
Figura 2. Acercamiento a la masa gelatinosa de huevos de *Hyalinobatrachium viridissimum* en estadio embrionario 17-18. Foto: Jorge Ramos-Luna (LACM PC 2975).

que un evento de depredación puede ocasionar que larvas de una nidada o de otras nidadas adyacentes puedan eclosionar antes de tiempo, y en consecuencia alterar su desarrollo y crecimiento (Chivers et al., 2003). Por lo tanto, consideramos importante estudiar el papel de las serpientes como depredadoras de huevos en el éxito reproductivo de las ranas, en particular de especies como la rana cristal que depositan sus huevos específicamente en sitios aledaños a cuerpos de agua corriente.

Agradecimientos.- A Fabiola López Barrera y Eduardo O. Pineda Arredondo por el apoyo financiero durante el trabajo de campo. A Arturo Knopflmacher Basañez y al personal de la Reserva Ecológica La Otra Opción por todas las facilidades proporcionadas para el desarrollo del proyecto. A Neftalí Camacho (Natural History Museum of Los Angeles) por catalogar las fotografías.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-López, J.L., L. Ortiz-Lozada, J. Pelayo-Martínez & C.A. Hernández-Jiménez. 2019. Four cases of prey-predator interaction (anuran-snake) through their geographical distribution. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 2:31-34.
- Arzamendia, V., A. Catenazzi, G. Chaves, L. Fitzgerald, G. Gagliardi, A. Giraudo, L. Gonzales, P. Gutiérrez-Cárdenas, G. Köhler, C. Nogueira, J. Renjifo, G. Rivas, G. Scrocchi, A. Solórzano, J. Williams & J. Murphy. 2019. *Imantodes cenchoa*, in: IUCN Red List of threatened species. Versión 2022.2. <http://www.iucnredlist.org> [Consultado en marzo 2023]
- Bartlett, R.D. & P.P. Bartlett. 2003. *Reptiles and Amphibians of the Amazon*. Gainesville, University Press of Florida.
- 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* 3:71-74.
- Chivers, D.P., J.M. Kiesecker, A. Marco, J. Devito, M.T. Anderson & A.R. Blaustein. 2003. Predator-induced life history changes in amphibians: egg predation induces hatching. *Oikos* 92:135-142.
- Cunha, O.R. & F.P. Nascimento. 1978. Ofídios da Amazônia. X. As cobras da região leste do Pará. *Publicações Avulsas do Museu Paraense Emílio Goeldi* 32:1-218.
- 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.
- De Sousa, K.M., A.L.C. Prudente & G.F. Maschio. Reproduction and diet of *Imantodes cenchoa* (Dipsadidae: Dipsadinae) from the Brazilian Amazon. *Zoologia (Curitiba)* 31: 8-19.
- Duellman W.E. & L. Trueb. 1986. *Biology of Amphibians*. Johns Hopkins University Press, New York, USA.
- García-Ayachi L.A., M. Wittwer & C. Kirkby. 2020. *Anolis tandai*, a new dietary record for the Amazon ringed snake, *Rhinobothryum lentiginosum* (Scopoli, 1785) (Squamata: Colubridae). *Herpetology Notes* 13:981-987.
- Greer, B.J. & K.D. Wells. 1980. Territorial and reproductive behavior of the Tropical American frog *Centrolenella fleischmanni*. *Herpetologica* 36:318-326
- Gutiérrez-Cárdenas, P.G., & J. C. Arredondo-Salgar. 2005. *Imantodes cenchoa*. *Herpetological Review* 36:324.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2022. *Hyalinobatrachium viridissimum*, in: IUCN Red List of threatened species. Versión 2022.2. <http://www.iucnredlist.org> [Consultado en marzo 2023]
- Ferreira A. S., Pereira R.C.S. & J.S. Dayrell. 2020. *Imantodes cenchoa*. *Herpetological Review* 51:620-621.
- Mendoza-Henao, A.M., E. Arias, J.H. Townsend, G. & Parra-Olea. 2020. Phylogeny-based species delimitation and integrative taxonomic revision of the *Hyalinobatrachium fleischmanni* species complex, with resurrection of *H. viridissimum* (Taylor, 1942). *Systematics and Biodiversity* 18:1-21.
- Myers, C.W. 1982. Blunt-head vine snakes (*Imantodes*) in Panama, including a new species and other revisionary notes. *American Museum Novitates* 2738:1-50
- Ocaña-Díaz, E.R., E.A. Suárez-Domínguez, N. López-Mendoza, R. Vivanco-Montané & E.A. Bello-Sánchez. 2020. Nuevos registros de puestas de huevos de la ranita cristal norteña *Hyalinobatrachium fleishmanni* (Anura: Centrolenidae). *Revista Latinoamericana de Herpetología* 3:133-138.
- Platt, S.G., T.R. Rainwater, J.C. Meerman, & S.M. Miller. 2016. Notes on the diet, foraging behavior, and venom of some snakes in Belize. *Mesoamerican Herpetology* 3:162-170.



- Regerter, K.J., K.R. Lips & R. Whiles. 2006. Energy flow and subsidies associated with the complex life cycle of ambystomatid salamanders in ponds and adjacent forest in southern Illinois. *Oecologia* 147:303-314.
- Rojas-Morales, J.A., J.V. González, J.C. Cepeda-Duque, M. Marín-Martínez, R.F. Díaz-Ayala & T.B. Guedes. 2021. On delicate night hunters: observations of the feeding behavior of *Imantodes cenchoa* (Linnaeus, 1758) and *Sibon nebulatus* (Linnaeus, 1758) through staged and natural encounters (Serpentes: Dipsadidae: Dipsadinae). *Herpetology Notes* 14:717-723.
- Test, F.H., O.J. Sexton & H. Heatwole. 1966. Reptiles of Rancho Grande and vicinity, Estado Aragua, Venezuela. *Miscellaneous Publications* (Museum of Zoology, University of Michigan) 128:1-63.
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar, F. Reyes, & J. Hošek (Eds.). 2023. The Reptile Database. <http://www.reptile-database.org>, [Consultado en marzo 2023]
- Vásquez-Cruz, V., A. Reynoso-Martínez, L. Canseco-Márquez & E.M. Pérez-Gámez. 2017. *Atropoides nummifer* (Rüppell, 1845). Cannibalism. *Mesoamerican Herpetology* 4:934-936.
- Vásquez, L.A., M.A. Rendón, C. Díaz-Paniagua & I. Gómez-Mestre. 2017. Variaciones entre especies de anfibios en sus respuestas morfológicas a la presencia de depredadores nativos e introducidos. *Ecosistemas* 26:3238.
- Wells, K. 2007. *The Ecology and Behavior of Amphibians*. Chicago: University of Chicago Press.



MAGNETIC ORIENTATION IN ANURANS: A CASE STUDY ON *RHINELLA ARENARUM* (ANURA: BUFONIDAE)

ORIENTACIÓN MAGNÉTICA EN ANUROS: UN ESTUDIO DE CASO SOBRE *RHINELLA ARENARUM* (ANURA: BUFONIDAE)

Mario Andrés Herrera Moratta^{*}, Ana Laura Navas Romero^{1,2}, Lorena Quiroga³, Consuelo Escudero⁴, Eduardo Sanabria³

¹Instituto Argentino de Investigaciones en Zonas Áridas-CONICET-Mendoza, Argentina. CP 5500, Argentina.

²Instituto de Ingeniería Química-Facultad de Ingeniería (UNSI)-Grupo Vinculado al PROBIEN (CONICET-UNCuyo), San Juan, CP 5400, Argentina.

³Instituto de Ciencias Básicas. Facultad de Filosofía, Humanidades y Arte. Universidad Nacional de San Juan. CONICET. San Juan, CP 5400, Argentina.

⁴Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de San Juan. San Juan, CP 5400, Argentina.

*Correspondence: maherrera@mendoza-conicet.gob.ar

Received: 2023-03-29. Accepted: 2023-08-22. Published: 2023-09-05.

Editor: Adriana Manzano, Argentina.

Resumen.— El campo magnético de la Tierra (EMF) es una de las fuentes de información direccional más uniformes y accesibles que los animales pueden usar en los movimientos de comportamiento. El presente estudio tuvo como objetivo determinar la capacidad de *Rhinella arenarum* para percibir los campos electromagnéticos. Para evaluar la influencia de los campos electromagnéticos en los anuros recolectamos cuarenta y cuatro especímenes adultos de *R. arenarum* durante la temporada de reproducción. Registramos el movimiento de cada sapo desde el centro hasta la periferia de un arenero circular utilizando una cámara de visión nocturna. Repetimos el experimento después de cinco minutos, con un campo magnético inducido adicional (IMF), que fue creado empleando dos bobinas de aire Helmholtz. Los movimientos de los sapos bajo la presencia de EMF y IMF fueron significativamente diferentes. Concluimos que *R. arenarum* podría usar el EMF como mecanismo de navegación y sistema de ubicación, para viajar largas distancias hasta los estanques de desove año tras año.

Palabras claves.— Navegación, migración de anuros, percepción magnética, ubicación.

Abstract.— The Earth's Magnetic Field (EMF) is one of the most uniform and accessible sources of directional information that animals can use for behavioral movements. The present study aimed to determine the ability of *Rhinella arenarum* to perceive the EMF. To assess the influence of the EMF on anurans *in situ* we collected forty-four adult specimens of *R. arenarum* during the breeding season. We recorded the movement of each toad from the center to the periphery of the circular arena utilizing a night vision camera. We repeated the experiment after five minutes, with an additionally Induced Magnetic Field (IMF), which was created by two Helmholtz air coils. The movements of the toads under the presence of the EMF and IMF were significantly different. We concluded that *R. arenarum* could use the EMF as a navigation mechanism and location system, to travel long distances to spawning ponds year after year.

Key Words.— Navigation, anuran migration, magnetic perception, location.

INTRODUCTION

Animals exploit numerous sources of information while migrating, homing, or moving around their habitats (Freake et al., 2005; Lohmann et al., 2007; Shakhparonov et al., 2022). Among these, the Earth's magnetic field (EMF) is a particularly

pervasive environmental feature (Skiles, 1985). In contrast to other cues, the magnetic field is present both day and night, is mostly unaffected by weather and seasonality, and exists everywhere on the planet (Lohmann et al., 2007; Wiltschko &

Wiltchko, 2012). Some species can find their way back home after being displaced to an unknown location, despite the absence of geographical references, goal-emanating cues, and directional information obtained during the journey (Phillips, 1996).

Homing behavior in animals is defined as an individual's ability to navigate through a small or unfamiliar terrain back to its "home" place, its home range (Nothacker et al., 2018). Various advantages of such site fidelity have been discussed, particularly the maximization of resource exploitation, which is often linked to reproduction (Nothacker et al., 2018). This ability to navigate requires, in addition to a directional sense (compass), an understanding of the geographical position by processing the available spatial information in the place where the individual is located (Diego-Rasilla & Luengo, 2020; Kramer, 1953). This phenomenon is found in many arthropods and vertebrates, such as decapod crustaceans (Pittman & McAlpine, 2003), salmon (Quinn & Dittman, 1990), or pigeons (Walcott, 1996). Among amphibians, it is known that many species exhibit site fidelity (Sinsch, 2014).

During the spawning season, several species of terrestrial anurans return to water bodies for mating mainly type I and II reproductive modes sensu Haddad & Prado (2005). In this process, the females release eggs that are fertilized by males (Young et al., 2004). As summarized by Wells (2007), the homing behavior of salamanders and newts is relatively well understood compared to other amphibians. Mechanisms or processes leading to the ability to return to the same spawning location year after year are still poorly unknown. Several studies show that amphibians are able to use a magnetic compass for orientation and navigation to the breeding ponds (Phillips et al., 1995; Diego-Rasilla, 2003; Diego-Rasilla et al., 2005, 2008, Sinsch, 2006, Phillips et al., 2022; Landler, 2022). The use of the geomagnetic field would be essential in situations where other positioning sources (maps) and directional cues (compasses), such as olfactory signals (and celestial cues are unavailable (Joly & Miaud, 1993; Diego-Rasilla et al., 2005). It has been demonstrated that magnetic field compasses are used in homing orientation by alpine newts (Diego-Rasilla, 2003) and in orientation towards the coast by eastern red-spotted newts (Phillips & Borland, 1992). Due to this, investigations on anuran migrations using the terrestrial magnetic field are important in order to clarify its effect. Studies on adult specimens of *Pelophylax ridibundus* showed the ability of anurans to use the Earth's magnetic field for orientation preference (Shakhparonov & Ogurtsov, 2017). In migratory studies of adult anurans, Landler & Gollmann (2011) made observations on *Bufo bufo* and its ability to use the magnetic field. After capturing specimens

migrating to spawning ponds, they tested their ability to correct their orientation toward the ponds in a circular arena in laboratory conditions. They demonstrated the influence of the Earth's Magnetic Field on their orientation behavior. However, the specimens were not orient themselves towards the spawning ponds but rather maintained their orientation prior to capture (orientation of the "d" axis; see Endler, 1970). Landler et al. (2016) repeated this experiment and tested *B. bufo* specimens the same night of capture, and after keeping them in captivity for three days, presumably enough time for them to update their internal map. The specimens tested on the same night of capture maintained the migration direction prior to capture, while the specimens kept in captivity exhibited random orientation. Extending their studies on *B. bufo*, in a new experiment Pail et al. (2020), examined the true navigation response in an open-air setting after keeping the toads in quarantine four days. In addition to the magnetic field, they measured the effect of environmental variables and the lunar cycle on the orientation of *B. bufo*. Their results showed that the animals were not yet oriented towards the breeding pond, but rather toward their previous migration direction prior to capture.

This investigation aimed, firstly, to determine whether males of *Rhinella arenarum* (Hensel, 1867) exhibit "homing" behavior toward the reproductive site from which they were displaced, and secondly, to determine the influence of the magnetic field on their orientation behavior towards the reproductive site in the arid region of San Juan, Argentina. We tested two hypothesis a) if we displace male frogs of *Rhinella arenarum* from their spawning pond, they will maintain orientation to their initial spawning site, and b) if we modify the Earth's Magnetic Field, adult males of *Rhinella arenarum* will change their orientation according to the new magnetic location of the spawning pond. The experiments presented in this study constitute a first approach to understand the orientation behavior in Neotropical anurans

MATERIALS AND METHODS

The experiments were carried out under natural climatic conditions after sunset at 8:30 p.m., from September 3rd to September 10th, 2012, in the Sarmiento Provincial Park. This park is located in Zonda, 25 km west of the city of San Juan (3° 33' 00.33" S, 68° 32' 22.58" W; elevation: 800 m a.s.l.). The area is characterized by the presence of extensive wetlands (40 ha), which are irrigated by the subterranean watercourse of the San Juan River. During the winter season, the wetland is reduced to two small water bodies, while the flooded areas expand during the summer, until they become a large flooded area (Victoria, 1999). Study area is located in Monte phytogeographical

province (Cabrera, 1971), a region characterized by an arid climate with a mean annual temperature of 17.3 °C, a mean annual maximum of 25.7 °C, and a mean annual minimum of 10.4 °C. Rainfalls mainly occur during the summer season, with a mean annual precipitation of 84 mm (Camarillo-Naranjo et al., 2018; Poblete & Hryciw, 2017).

The common toad (*R. arenarum*) is a widely distributed species in north and central Argentina inhabits various types of environments, including anthropogenic ones such as residential yards and gardens (Sotomayor et al., 2012; Sanchez et al., 2014). In the Monte Desert region of central Argentina, *R. arenarum* breeds from late August until late November (Sanabria et al., 2005). During the reproductive process, the females of this species deposit their eggs in gelatinous strands, laying an average of 28,000 eggs per clutch (Quiroga & Sanabria, 2012). There is sexual dimorphism in this species, with females being larger than males (Quiroga et al., 2004). As for its diet, it primarily feeds on Hymenoptera, specifically Formicidae (ants) (Quiroga, 2006). *Rhinella arenarum* is primarily a thermoconforming organism, with ambient temperature and wind speed being the environmental variables that most affect its body temperature (Sanabria et al., 2012).

We collected adult males (*R. arenarum*) from ponds located 500 m in the SE direction of the experimental area. Then, we transport the individuals to the experiment area in dark plastic containers to avoid any type of signal during the movement (0.3 m in diameter filled with 0.8-1.0 l of pond water).

We tested the behavior of the toads one by one on a circular arena 1.2 m in diameter, made with a medium-density fiberboard (MDF) wall 0.6 m high. We painted the wall as well as the bottom black color, so the toads inside of the sandbox could not distinguish the line from the horizon. We made two Helmholtz-type coils with air cores and a diameter of 1.8 m's out of PVC (Landler & Gollmann, 2011). The coils were placed parallel 0.9 m's apart from each other. Every coil had 21 turns of aluminum wire (section = 0.5 mm²) wrapped in plastic. We located the coils at the ground level and made a wooden structure of the base to avoid the use of metal. We measured the magnetic field strength with a 3-D flow valve (FLC3-70, Stefan Mayer Instruments) and we used a mechanical combustion generator (Dowel, 6.5 HP, Japan) as an energy source (220 V). The combustion generator on we placed the generator at 200 m distances to the sandbox to avoid additional stress to the individuals. The generator was kept on throughout the experiment. We employed a current limiter (VATRANS, Argentina) for generating a constant magnetic field in the coils (at 12 V, 50 A).

We carried out the tests in the circular arena and placed an adult amphibian in a release device in total darkness at the center of the sandbox. We constructed the release device using a black plastic container (0.2 × 0.2 m). We released the individuals after five minutes. The release device was removed from the arena using a pulley system, which allowed the operator to be far from the terrarium, not disturbing the experiment. As a directional response, we took the first contact of the individuals with the wall of the circular arena (Landler & Gollmann, 2011). Individuals, which could not reach the wall of the arena within five minutes, were excluded from the analysis.

We tested each individual twice, the first time under conditions of the Earth's Magnetic Field (EMF) and subsequently under the conditions of an added Induced Magnetic Field (IMF). To assess whether male *Rhinella arenarum* presents the "homing" behavior towards the reproductive site from which they were displaced, the displacement of each individual was first evaluated under the conditions of the Earth's magnetic field. Subsequently, to determine the ability of *R. arenarum* to perceive the Earth's magnetic field, the same individuals were evaluated under the conditions of an induced magnetic field (IMF). We followed the protocol described by Diego-Rasilla & Luengo (2002), where each test animal was used in the experiments consecutively. After testing each animal, we cleaned the sandbox with a paper towel and ethanol 50% to eliminate chemical substances produced by the tested individuals. To inverse, the horizontal component of the terrestrial magnetic field 180°, the Helmholtz type air-cored, coils were switched on. We returned the individuals to the ponds from which they were collected after the all experiment finished.

Experiments were carried out in as much darkness as possible (minimal generation of artificial light). Therefore, we obtained the records by a video camera with night vision (Sony Handycam, Japan), which was placed in the upper part of the circular arena (3.10 m height positions determined by the focus of the image) and which operated remotely from a monitor (Super Sonic Deluxe 5" Portable FC-9100 - USA) to reduce the stress of the animal to the maximum during the experiment.

We analyzed the data using standard circular statistics (Batschelet, 1981). We estimated mean vector length (r); mean direction (μ), circular variance, and concentration. We used Rayleigh's test to determine whether a distribution exhibited significant orientation. The V test was used to test closeness to expected orientation (i.e., home pond direction) (Batschelet, 1981; Mardia & Jupp, 1999). For the comparisons between the direction of toads between treatments, we used Watson-Williams F-Tests. All the tests had a confidence interval of 95%. The Wilcoxon

test was used to test differences in the time of response among treatments (Siegel, 1988). We performed all statistical analyses using the software Oriana version 4.02 of Kovach Computing Services and software Infostat (Di Rienzo et al., 2016).

RESULTS

The Earth's Magnetic Field in the study area at noon on September 23rd of 2012 had an average value of 0.21 ± 0.074 Gauss (range: $0.021 - 0.038$), and the Induced Magnetic Field at the center of the coils gave a maximal value of 0.45 ± 0.048 Gauss (range: 0.017 ± 0.098). From 44 studied anurans, only one individual, which did not move from the center of the arena, was excluded from the analyses. Under the influence of the Earth's Magnetic Field toads needed on average of 56.84 ± 35.56 s to touch the wall, and on average 48.49 ± 48.82 s, under an Induced Magnetic Field. No significant differences were found in the time of response among treatments (Wilcoxon test = -0.75 , $p = 0.45$, $n = 43$).

The direction of *R. arenarum* under the Earth's Magnetic Field was of $\mu = 305.41^\circ \pm 121.4^\circ$, of the vector mean (r) = 0.107 and of the concentration of data = 0.215 . The data exhibited a unimodal distribution (Test Rayleigh, $Z = 0.492$, $p = 0.61$). We not found significant differences in the orientation of *R. arenarum* respect of the spawning ponds (Test V (55.19°) = -0.036 , $p = 0.631$).

The direction of *R. arenarum* under an Induced magnetic field, but respect at North magnetic of the earth, was of $\mu = 224.58^\circ \pm 94.79^\circ$, of the vector mean (r) = 0.254 , and of the concentration of data = 0.526 . The data show a different tendency of the unimodal distribution, but not significant differences (Test Rayleigh, $Z = 2.784$, $p = 0.061$). The data show not significant differences respect of the spawning ponds (Test V (55.19°) = -0.25 , $p = 0.99$). Now, if we considered the North generated by the Induced Magnetic Field (at 180° to North Magnetic of the earth), the direction of *R. arenarum* was of $\mu = 44.58^\circ \pm 94.79^\circ$, of the vector mean (r) = 0.254 ,

and of the concentration of data = 0.526 . The data show a different orientation that deviates from a unimodal distribution, but it is statistically different respect of the spawning ponds (Test V (55.19°) = 0.25 , $p = 0.0092$).

The direction of the anurans aligned under the Earth's Magnetic Field and the spawning pond exhibited a unimodal distribution. In toads under the influence of the IMF showed a unimodal orientation that not coincided with the magnetic direction of the spawning ponds (Table 1). Concerning the magnitude of the mean vector and the concentration of the data, they were two times lower under EMF conditions than under IMF conditions (Table 1, Fig. 1) whereas the distribution patterns within the circular arena were significantly different among treatments ($F = 14.637$, $p = 0.0002$, $n = 43$ Watson-Williams F-Tests) and their orientation differed by 99° and 206° .

DISCUSSION

Our work studied the homing behavior of *Rhinella arenarum* towards the reproductive site and the influence of the magnetic field on their orientation to reorient their travel direction in response to an induced magnetic field were investigated. The results obtained demonstrate that, similar to other species of anurans, *R. arenarum* exhibits site fidelity (Roithmair, 1994; Neu et al., 2016; Nothacker et al., 2018). Ferguson et al. (1963) found that three species of anurans displayed homing behavior after returning to their site. Several studies show that male and female anurans can return to an initial capture site after experimental translocation (McVey et al., 1981; Crump 1986; Arcila-Pérez et al., 2020). The motivation for return might differ between sexes due to divergent selective pressures determining mating and reproductive success for males and females. The search motivation for territorial species' males is likely attributed to reclaiming a site more favorable for attracting mates than the release sites (Schlupp & Podlousky, 1994; Matthews, 2003).

Tabla 1. Estadística descriptiva para cada tratamiento; u (vector medio), r (longitud del vector medio), mediana, concentración, s (varianza circular), y s2 (desviación estándar circular). Test Rayleigh; $\alpha = 0.05$. V Test; CMT expectativa media 90° , CMI expectativa media 270° ; $\alpha = 0.05$. CMT: Campo magnético terrestre; CMI: Campo magnético inducido.

Table 1. Descriptive statistics for each treatment; u (mean vector), r (length of mean vector), median, concentration, s (circular variance), and s2 (circular standard deviation). Rayleigh Test; $\alpha = 0.05$. V Test; EMF expected mean 90° ; IMF expected mean 270° ; $\alpha = 0.05$. EMF: Earth magnetic field; IMF: Induced magnetic field.

Treatment	Descriptive statistics						Rayleigh Test		V Test		
	u	r	Concentration	Median	s	s2	Z	p	V	μ	p
EMF	3.573	0.107	0.216	332	0.893	121.07	1.012	0.363	0.007	0.089	0.465
IMF	220.408	0.265	0.556	232	0.735	93.36	6.183	0.002	0.172	2.279	0.011

In any case, males could return to the initial capture site due to the benefits associated with higher mating prospects. Perhaps a frog returns to its home spot because it is a good foraging site or perhaps a frog returns to its home spot because it is satisfactory, if not ideal, in terms of moisture, abundance of crevices in which to hide and sufficient overhanging vegetation to provide protection from the sun. Homing is clearly a strategy to minimize energy expenditure for locomotion, given the scarcity of suitable sites for reproduction, nutrition, and refuge.

Regarding the utilization of the amphibians' magnetic field for orienting to spawning sites, the results found in the experiments provided evidence that supports the idea that *R. arenarum* has many more orientation mechanisms than just the use of magnetic compass signals. However, a higher concentration in the orientation found in *R. arenarum* under the influence of the Induced Magnetic Field could demonstrate the importance of Earth's Magnetic Field, in the orientation in frogs (Fig. 1). Like

the results obtained by Landler & Gollmann (2011), Landler et al. (2016), Pail et al. (2020), in adult specimens of *Bufo bufo*, we obtained that adult specimens of *R. arenarum* tend to return to breeding pond after being moved from their site of origin. Our study reinforces the idea that the Earth's Magnetic Field could allow anuran specimens to reorientate their migration direction. The main difference between our work on *R. arenarum* and those carried out on *B. bufo* is that the collection of specimens in the former was carried out during migration, and in our study, they were collected in spawning ponds.

The ability of *R. arenarum* to orient itself to spawning ponds was consistent with results reported in several amphibian studies. Deutschlander et al. (1999) carried out the first experiences of the influence of the geomagnetic field on the orientation of *Notophthalmus viridescens* (Urodela) by studying the direction of these organisms by changing the magnetic field by a deviation of 90°. Diego-Rasilla et al. (2005) found in

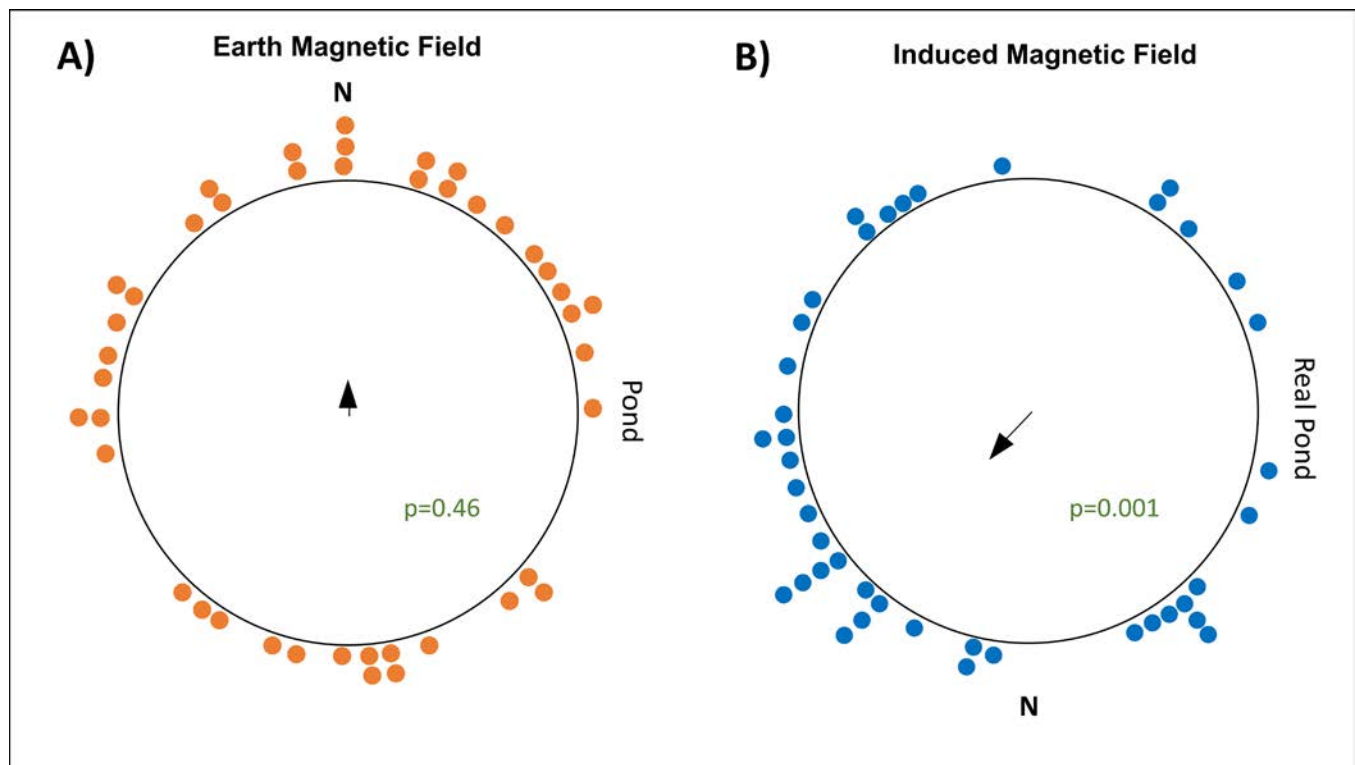


Figura 1. Orientación de *R. arenarum* bajo el efecto del campo magnético terrestre (A) y el campo magnético inducido (B) relativo al norte geográfico. En cada diagrama circular, la dirección de las muestras, se agrupan en función del recorrido hasta el borde de la pista. Cada punto representa la orientación de un solo sapo. Las flechas representan los vectores medios de las distribuciones (el radio del círculo corresponde a un vector de longitud).

Figure 1. Orientation of *R. arenarum* under the effect of the Earth's Magnetic Field (A) and Induced Magnetic Field (B) relative to geographic north. In each circular diagram, the direction of the samples, are grouped concerning the course to the edge of the arena. Each dots represents the orientation of a single toad. The arrows represent the mean vectors of the distributions (radius of the circle corresponds to a vector length of 1).

Triturus alpestris that the magnetoreception mechanisms subject to celestial signals mainly explained the choice of direction toward the spawning pond. In another similar work carried out by Diego-Rasilla & Luengo (2007), they found that the *Lissotriton helveticus* was able to orient itself utilizing acoustic signals at short distances. However, at great distances from their spawning ponds, direction selection could only be done using the magnetic compass. Shakhparonov et al. (2017) studied adults of *Pelophylax ridibundus* and obtained similar results in comparison with the afore mentioned investigations. Diego-Rasilla et al. (2010) and Freake et al. (2002) proposed that the existing mechanisms of anurans and urodeles are traces of the evolution of sensory capacity in amphibians. Consequently, the sensitivity function of magnetoreception could have been present in a common ancestor of Lissamphibia, originating in the Lower Permian Period (Zhang & Wake, 2009). Despite all these studies on amphibian localization, it is not clear whether they can return home from unknown sites (Pail et al., 2020). It has been questioned whether true navigation represents a general ability of amphibians or if it could be a restricted phenomenon only present in a few species or even populations (Pasukonis et al., 2014; Sinch & Kirst, 2016).

The common toad, *R. arenarum* could orient itself to reproductive sites, being able to use the magnetic compass as a source of directional information. In our experiment, the *R. arenarum* specimens were shown to maintain the previous direction of migration in the “d” axis after being subjected to a field of inverse magnitude to the Earth’s Magnetic Field. However, its geographical location seems to depend more on the information on the map than on the integration of the route, to determine the initial location direction. The most likely source of information on the map is the geomagnetic field, which has been shown to play a critical role in the search process (Freake et al., 2002; 2006). However, various studies show the complexity of sensory integration in anurans. In distances less than 10 km it is very difficult to use a magnetic map (Komolkim et al., 2017). While olfactory signals could play a key role in orientation (Wallraf, 2004; Vignoli et al., 2012; Pail et al., 2020). Therefore, studies that complement the evaluation of various signals will serve to clarify the source of the orientation of anurans.

Despite finding a trend in our data and the lack of statistical support ($p = 0.063$), our results in this contribution provide the first direct in situ experimental support of the detection capacity of the terrestrial geomagnetic field in a species of toads in South America. Our research provides valuable insights into *R. arenarum* is homing behavior and their utilization of the magnetic field for orientation towards reproductive sites. The

species showcases remarkable site fidelity and demonstrates the intricate interplay of multiple orientation mechanisms, highlighting the complex nature of amphibian navigation. As in other amphibians, *R. arenarum* have a multisensory orientation and could use the terrestrial geomagnetic field as a navigation mechanism and location system to travel long distances to spawning ponds year after year. The orientation of amphibians is not a simple response to the environment but a complex process. We are confident that our work will enhance the understanding of amphibian orientation mechanisms. These findings contribute to a deeper understanding of anuran behavior and underscore the importance of Earth’s magnetic field in guiding their migrations and reproductive journeys. However, we believe that there is a need for a more comprehensive approach and a standardized methodology to identify the true mechanisms involved. Improved understanding will assist conservation efforts worldwide.

Acknowledgements.— We thank Heber Merenda, Yamil Rodriguez, Gonzalo Herrera, Daniela Moreno, Ariel Cataldo and Exequiel Gonzalez for their assistance in the field work. We especially thank to Barbara Vento, Jana Schön and Franco Lombino for the corrections in the translation and writing of the work in English. We thank the provincial fauna office of San Juan for permission SA y DS n° 1300-4736-2012 to conduct our research. This work was partially supported by The National Interuniversity Council of Argentina.

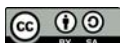
Ethical approval: All handling procedures were international guidelines and national and institutional regulations that apply to the care and use of animals.

CITED LITERATURE

- Arcila-Pérez, L.F., M.A. Atehortua-Vallejo & F. Vargas-Salinas. 2020. Homing in the rubí poison frog *Andinobates bombetes* (Dendrobatidae). *Copeia* 108:948-956.
- Batschelet, E. 1981. Circular Statistics In Biology. New York, NY. Academic Press Inc.
- Cabrera, A. 1971. Fitogeografía de la república argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 14:1-50.
- Camarillo-Naranjo, J.M., J.I. Álvarez-Francoso, N. Limones-Rodríguez, M.F. Pita-López & M. Aguilar-Alba. 2018. The global climate monitor system: from climate data-handling to knowledge dissemination. *International Journal of Digital Earth*. 8947:121.



- Crump, M.L. 1986. Homing and site fidelity in a neotropical frog, *Atelopus varius* (Bufonidae). *Copeia* 1986:438-444.
- Deutschlander, M.E., S.C. Borland & J.B. Phillips. 1999. Extraocular magnetic compass in newts. *Nature* 400:324-325.
- Di Rienzo, J., F. Casanoves, M. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada & C. Robledo. 2016. InfoStat versión. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Diego-Rasilla, F.J. & R.M. Luengo. 2007. Acoustic orientation in the palmate newt, *Lissotriton helveticus*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 61:1329-1335.
- Diego-Rasilla, F. J., R. M. Luengo & J. B. Phillips. 2008. Use of a magnetic compass for nocturnal homing orientation in the palmate newt, *Lissotriton helveticus*. *Ethology* 114:808-815.
- Diego-Rasilla, F.J. 2003. Homing ability and sensitivity to the geomagnetic field in the alpine newt, *Triturus alpestris*. *Ethology Ecology & Evolution* 15:251-259.
- Diego-Rasilla, F.J., R.M. Luengo & J.B. Phillips. 2005. Magnetic compass mediates nocturnal homing by the alpine newt, *Triturus alpestris*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 58:361-365.
- Diego-Rasilla, F.J., R.M. Luengo, J.B. Phillips. 2010. Light-dependent magnetic compass in Iberian green frog tadpoles. *Naturwissenschaften* 97:1077-1088.
- Diego-Rasilla, J. & R. Luengo. 2002. Celestial orientation in the marbled newt (*Triturus marmoratus*). *Journal of Ethology* 20:137-141.
- Diego-Rasilla, F. J., & Luengo, R. M. 2020. Magnetic compass orientation in common midwife toad tadpoles, *Alytes obstetricans* (Anura, Alytidae). *Journal of Ethology* 38:289-299.
- Endler, J. 1970. Kinesthetic orientation in the California newt (*Taricha torosa*). *Behaviour* 37:15-23.
- Ferguson, D. E. 1963. Orientation in three species of anuran amphibians. In *Orientierung der Tiere/Animal Orientation: Symposium in Garmisch-Partenkirchen* 17-21. 9. 1962. Pp. 128-134. Berlin, Heidelberg. Springer Berlin Heidelberg.
- Freake, M.J. & J.B. Phillips. 2005. Light-dependent shift in bullfrog tadpole magnetic compass orientation: evidence for a common magnetoreception mechanism in anuran and urodele amphibians. *Ethology* 111:241-254.
- Freake, M.J., C.S. Borland & J.B. Phillips. 2002. Use of a Magnetic Compass for Y-Axis Orientation in Larval Bullfrogs, *Rana catesbeiana*. *Copeia*. 2002:466-471.
- Freake, M.J., R. Muheim & J.B. Phillips. 2006. Magnetic maps in animals: a theory comes of age? *Quarterly Review of Biology* 81:327-347.
- Joly, P. & C. Miaud. 1993. How does a newt find its pond? The role of chemical cues in migrating newts (*Triturus alpestris*). *Ethology Ecology and Evolution* 5:447-455.
- Kramer, G. 1953. Wird die Sonnenhöhe bei der Heimfindeorientierung verwertet? *Journal für Ornithologie* 94:201-219.
- Landler L, D. Philippi, C. Nagl & G. Gollmann. 2016. Magnetic orientation in the common toad, *Bufo bufo*: a synopsis of arena experiments. *Mertensiella* 24:122-129.
- Landler, L. & G. Gollmann. 2011. Magnetic orientation of the Common Toad: establishing an arena approach for adult anurans. *Frontiers in Zoology* 8:1-6.
- Landler, L. 2022. Orientation and emigration of larval and juvenile amphibians: selected topics and hypotheses. *Amphibia-Reptilia* 43:1-11.
- Lohmann, K.J., C.M. Lohmann & N.F. Putman. 2007. Magnetic maps in animals: nature's GPS. *Journal of Experimental Biology* 210:3697-3705.
- Haddad, C.F. & C.P. Prado. 2005. Reproductive modes in frogs and their unexpected diversity in the Atlantic Forest of Brazil. *BioScience* 55:207-217.
- Rasilla, F J.D. & A.D. Luengo. 2022. A case of digital hindlimb malformations in "*Rana iberica*". *Boletín de la Asociación Herpetológica Española* 33:32-34.
- Mardia, K. & P. Jupp. 1999. *Directional Statistics*. Book Series. Wiley Series in Probability and Statistics. John Wiley & Sons, Inc.
- Matthews, K.R. 2003. Response of mountain yellow-legged frogs, *Rana muscosa*, to short distance translocation. *Journal of Herpetology* 37:621-626.



- McVey, M. E., R. G. Zahary, D. Perry & J. MacDougal. 1981. Territoriality and homing behavior in the poison dart frog (*Dendrobates pumilio*). *Copeia* 1981:1-8.
- Neu, C. P., S. S. Bisanz, J.A. Nothacker, M. Mayer & S. Lötters. 2016. Male and female home range behavior in the Neotropical poison frog *Ameerega trivittata* (Anura, Dendrobatidae) over two consecutive years. *South American Journal of Herpetology* 11:149-156.
- Nimpf, S. & D.A. Keays 2022. Myths in magnetosensation. *Iscience* 10:44-54.
- Nothacker, J. A., C.P. Neu, M. Mayer, N. Wagner & S. Lötters. 2018. Homing behavior in the Neotropical poison frog *Ameerega trivittata*. *Salamandra* 54:30-36.
- Pail, M., L. Landler & G. Gollmann. 2020. Orientation and navigation in *Bufo bufo*: a quest for repeatability of arena experiments. *Herpetozoa* 33:1-139.
- Pašukonis, A., M.C. Loretto, L. Landler, M. Ringler & W. Hödl. 2014. Homing trajectories and initial orientation in a Neotropical territorial frog, *Allobates femoralis* (Dendrobatidae). *Frontiers in Zoology* 11:1-9.
- Phillips, J.B. & S.C. Borland. 1992. Magnetic compassorientation is eliminated under near-infrared light in the eastern red-spotted newt *Notophthalmus viridescens*. *Animal Behaviour* 44:796-797.
- Phillips, J. B., K. Adler & S.C. Borland. 1995. True navigation by an amphibian. *Animal Behaviour* 50:855-858.
- Phillips, J.B. 1986. Magnetic compass orientation in the Eastern red-spotted newt (*Notophthalmus viridescens*). *Journal of Comparative Physiology A* 158:103-109.
- Phillips, J.B. 1996. Magnetic navigation. *Journal of Theoretical Biology* 180:309-319.
- Phillips, J.B. & F.J. Diego-Rasilla. 2022. The amphibian magnetic sense(s). *Journal of Comparative Physiology A* 208:723-742.
- Pittman, S.J. & C. A. McAlpine. 2003. Movements of marine fish and decapod crustaceans: process, theory and application. *Advances in Marine Biology* 44:205-294.
- Poblete, A. & M. Hryciw. 2017. Origen y variabilidad del recurso hídrico de los principales oasis de la Provincia de San Juan. *Boletín de Estudios Geográficos*. 107:9-20.
- Quinn, T. P. & A. H. Dittman 1990. Pacific salmon migrations and homing - mechanisms and adaptive significance. *Trends in Ecology & Evolution* 5:174-177.
- Quiroga L. & E. Sanabria 2012. Do reproductive parameters of *Rhinella arenarum* (Hensel, 1867) (Anura: Bufonidae) vary between the reproductive and postreproductive period? *Belgian Journal of Zoology* 142:68-73.
- Quiroga L.; E. Sanabria & J. Acosta 2004. Dimorfismo sexual en una población de *Bufo arenarum* (Anura: Bufonidae) en los Bañados de Zonda, San Juan, Argentina. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana* 12:37-42.
- Quiroga L.; E. Sanabria & J.C. Acosta 2006. Size- and sex-dependent variation in diet of *Rhinella arenarum* (Anura: Bufonidae) in a wetland of San Juan, Argentina. *Journal of Herpetology* 43:311-317.
- Roithmair, M.E. 1994. Male territoriality and female mate selection in the dart-poison frog *Epipedobates trivittatus* (Dendrobatidae, Anura). *Copeia*, 1994:107-115.
- Sanabria E., L. Quiroga & A. Martino 2012. Variation in the thermoregulatory strategy of *Odontophrynus occidentalis* in the Monte desert, Argentina: response to the environmental constrain. *Journal of Experimental Zoology, part A. Ecological, Genetics and Physiology* 317:259-365.
- Sanabria E., L. Quiroga & J. Acosta. 2005. Patrones de actividad temporal estacional y uso de microhábitat de una población de adultos de *Bufo arenarum*, en los humedales de Zonda, San Juan, Argentina. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana* 13:61-65.
- Sanchez, L. C., R.C. Lajmanovich, P. Peltzer, A.S. Manzano, C.M. Junges, & A.M. Attademo. 2014. First evidence of the effects of agricultural activities on gonadal form and function in *Rhinella fernandezae* and *Dendropsophus sanborni* (Amphibia: Anura) from Entre Ríos Province, Argentina. *Acta Herpetologica* 9:75-88.
- Schlupp I. & R. Podlousky. 1994. Changes in breeding site fidelity: a combined study of conservation and behaviour in the common toad *Bufo bufo*. *Biological Conservation* 69:285-291.



- Shakhparonov, V.V., A.P. Golovlev, E.E. Grytsyshina & A.A. Bolshakova. 2022. Orientation in the European common frog *Rana temporaria* during the first wintering migration. *Journal Experimental Biology* 225:jeb243761.
- Shakhparonov, V.V. & S.V. Ogurtsov. 2017. Marsh frogs, *Pelophylax ridibundus*, determine migratory direction by magnetic field. *Journal of Comparative Physiology A* 203:35-43.
- Siegel, S. & N.J. Castellan. 1988. *Nonparametric Statistics for the Behavioural Sciences*. McGraw-Hill, New York, USA.
- Sinsch, U. 2014. Movement ecology of amphibians: from individual migratory behaviour to spatially structured populations in heterogeneous landscapes. *Canadian Journal of Zoology* 92:491-502.
- Sinsch, U. 1990. The orientation behaviour of three toad species (genus *Bufo*) displaced from the breeding site. in *Biology and Physiology of Amphibians*. 38:75-83. *Fortschritte der Zoologie*. New York.
- Sinsch, U. & C. Kirst. 2016. Homeward orientation of displaced newts (*Triturus cristatus*, *Lissotriton vulgaris*) is restricted to the range of routine movements. *Ethology Ecology & Evolution* 28:312-328.
- Skiles, D.D. 1985. The geomagnetic field its nature, history, and biological relevance. In *Magnetite Biomineralization and Magnetoreception in Organisms*. In Kirschvink, J.L. (Ed.). Springer, Boston, MA.
- Sotomayor, V., C. Lascano, A.M.P. de D'Angelo & A. Venturino. 2012. Developmental and polyamine metabolism alterations in *Rhinella arenarum* embryos exposed to the organophosphate chlorpyrifos. *Environmental Toxicology and Chemistry* 31:2052-2058.
- Victoria, J.A. 1999. Simulación matemática del sistema embalse de Ullum-Cuenca de agua subterránea. Instituto Nacional de Agua y Ambiente, San Juan, Argentina.
- Vignoli, L., R. Silici, A.M. Bissattini & M.A. Bologna. 2012. Aspects of olfactory mediated orientation and communication in *Salamandrina perspicillata* (Amphibia Caudata): an experimental approach. *Ethology Ecology & Evolution* 24:165-173.
- Walcott, C. 1996. Pigeon homing: observations, experiments and confusions. *Journal of Experimental Biology* 199:21-27.
- Wallraff, H. G. 2004. Avian olfactory navigation: its empirical foundation and conceptual state. *Animal Behaviour* 67:189-204.
- Wells, K. D. 2007. *The Ecology and Behavior of Amphibians*. University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Wiltshcko, R. & W. Wiltshcko. 2012. Magnetic Orientation in Animals. In *Magnetic Orientation in Animals*, Vol. 33. Springer Science & Business Media, Heidelberg, Germany.
- Young, B.E., S.N. Stuart, J.S. Chanson, N.A. Cox & M.T. Boucher. 2004. Joyas que Están Desapareciendo: El Estado de los Anfibios en el Nuevo. *NatureServe*, Arlington, Virginia.
- Zhang, P. & D.B. Wake. 2009. Higher-level salamander relationships and divergence dates inferred from complete mitochondrial genomes. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 53:492-508.



NUEVOS REGISTROS DE DISTRIBUCIÓN DE LA IGUANA YUCATECA DE COLA ESPINOSA *CACHRYX DEFENSOR* (IGUANIDAE) EN QUINTANA ROO, MÉXICO

NEW DISTRIBUTION RECORDS OF THE YUCATÁN SPINY-TAILED IGUANA *CACHRYX DEFENSOR* (IGUANIDAE) IN QUINTANA ROO, MEXICO

Romeo Alejandro Sánchez-Zavalegui¹, José Rogelio Cedeño-Vázquez^{2*} María Marcela Cime-Ruiz¹ & Luis Fernando Díaz-Gamboa³

¹Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo. Campus Chetumal Bahía, Boulevard Bahía s/n esq. Ignacio Comonfort Col. Del Bosque. C.P. 77019 Chetumal, Quintana Roo, México.

²El Colegio de la Frontera Sur Unidad Chetumal. Departamento de Sistemática y Ecología Acuática. Av. Centenario km 5.5, 77014 Chetumal, Quintana Roo, México.

³Red para la Conservación de los Anfibios y Reptiles de Yucatán (RCARY). Km. 5.5 Carr. Sierra Papacal - Chuburna Pto. Tablaje 31257 Sierra Papacal, 97302 Mérida, Yucatán, México.

*Correspondence: rogelioceden@gmail.com

Received: 2023-07-28. Accepted: 2023-08-23. Published: 2023-09-05.

Editor: Norberto Martínez-Méndez, México.

De acuerdo con Díaz-Gamboa et al. (2020), la porción mexicana de la Provincia Biótica Península de Yucatán contiene 123 especies de reptiles, que representan el 12.3% de las 989 que habitan actualmente en México (Ramírez-Bautista et al., 2023), de las cuales 28 son endémicas a dicha provincia. Algunas de estas especies endémicas han sido poco estudiadas e inclusive su distribución no es bien conocida, a pesar de ser especies con prioridad para su conservación. Una de estas especies es la iguana yucateca de cola espinosa (*Cachryx defensor*) que se encuentra en la categoría de en peligro de extinción (P) en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2019), catalogada como vulnerable (VU) en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (Köhler, 2004) y en el apéndice II (<https://cites.org/eng/taxonomy/term/4082>) de la CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora).

En este trabajo se presentan nuevos registros de distribución de *C. defensor* en el estado de Quintana Roo, partiendo de cuatro localidades con registros previos de acuerdo con Monter-Pozos et al. (2022). Hasta junio de 2023, considerando un registro propio y tres observaciones de ciencia ciudadana registradas en el portal Naturalista de la CONABIO (<https://www.naturalista.mx/taxa/606387-Cachryx-defensor>), se suman cuatro nuevos avistamientos (Fig. 1), lo que arroja un total de ocho localidades de registro para Quintana Roo (Tabla 1).

Los nuevos registros distribución de *C. defensor* en Quintana Roo no son una sorpresa. Si bien se trata de una especie con mayor presencia en Yucatán, seguida por Campeche y por último Quintana Roo (Köhler, 1996; Lee, 1996; Díaz-Gamboa et al., 2020; Monter-Pozos et al., 2022), desde una perspectiva biogeográfica, su distribución se puede explicar por la presencia de factores ambientales similares que se comparten entre los tres estados peninsulares: selvas tropicales secas, selvas bajas espinosas y selvas caducifolias (Lee, 1996; Díaz-Gamboa et al., 2020; Monter-Pozos et al., 2022). Además, el tipo de clima en el área de distribución de la especie, está dominado por condiciones cálidas semisecas y cálidas sub-húmedas, con lluvias en verano (Hernández-Cerda et al., 2018), lo cual favorece el desarrollo de los tipos de selva antes mencionados, donde existen las condiciones idóneas propias del hábitat de *C. defensor* (Monter-Pozos et al., 2022). Cabe mencionar que por los hábitos de la especie, estas iguanas se refugian en troncos huecos (Leyva-Ramírez, 2015; Díaz-Gamboa et al., 2020), los cuales, al ser trasladados por el ser humano de un sitio a otro para diversos usos, sirven como medio para su dispersión a escala local.

Es destacable que de las ocho localidades de registro para Quintana Roo, seis fueron dentro o cerca de comunidades rurales, y solo dos en el área protegida de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. Al respecto, Leyva-Ramírez (2015) y Monter-Pozos et al. (2022), señalan que las zonas abiertas con rocas calizas, albarradas (bordes de piedra tradicionales mayas), o bien zonas

donde se talan y acumulan árboles, representan sitios donde comúnmente puede ser encontrada la especie.

A continuación, se describen brevemente las localidades de los cuatro nuevos registros, documentados entre 2017 y 2023. La primera observación corresponde a un ejemplar joven asoleándose durante el atardecer sobre un poste abandonado (Fig. 2A; No. Obs. *Naturalista* 6538940), en mayo de 2017, en la comunidad Nuevo Tabasco (19.156524° N, 89.055558° O; WGS84; 75 m s. n. m.), Bacalar, a 54.08 km al noroeste de la comunidad Buena Esperanza, Bacalar, donde fue registrada previamente (Monter-Pozos et al., 2022).

El segundo registro corresponde a un ejemplar adulto encontrado asoleándose sobre una rama (Fig. 2B; No. Obs.

Naturalista 21993705), en abril de 2019, en las cercanías del Crucero Verdo, carretera Candelaria-Puerto Arturo (19.692973° N, 89.028844° O; WGS84; 49 m s. n. m.), José María Morelos, a 36.9 km al NE del registro previo más cercano, ubicado en la zona limítrofe con Yucatán (Monter-Pozos et al., 2022).

El tercer registro, a juzgar por su color y tamaño, corresponde a un individuo joven observado en un campamento (Fig. 2C; No. Obs. *Naturalista* 147075739), en enero de 2023, en un área forestal de la zona norte de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an (19.937471° N, 87.502168° O; WGS 84; 9 m s.n.m.), Felipe Carrillo Puerto, a 38.4 km al NE del registro previo más cercano situado en el centro-poniente de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an (Díaz-Gamboa et al., 2020; Monter-Pozos et al., 2022). Este

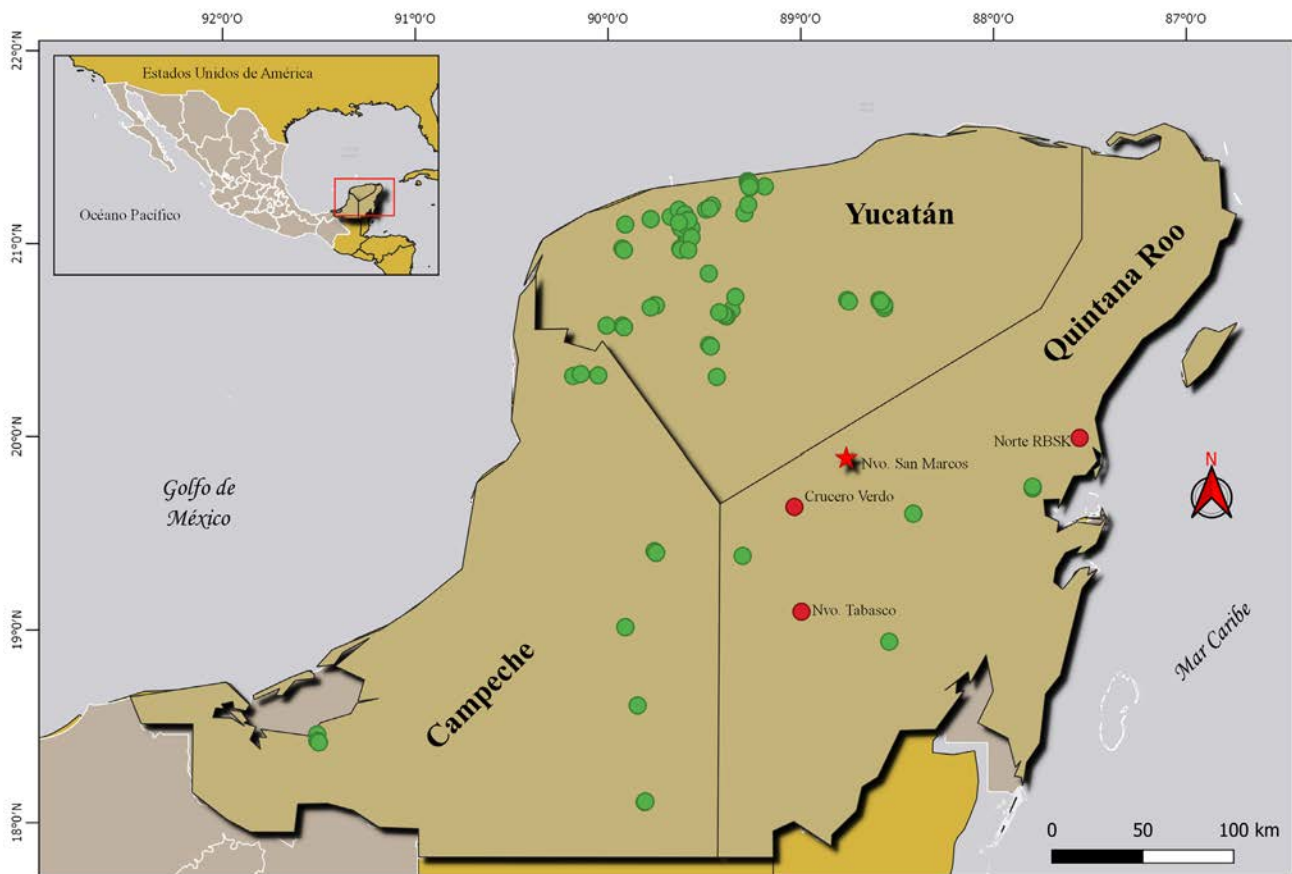


Figure 1. Map of the Yucatán Peninsula with records of *Cachryx defensor*. The green dots correspond to the records cited by Díaz-Gamboa et al. (2020) and Monter-Pozos et al. (2022). The three red dots represent the locations with new sightings registered on Naturalista, and the red star represents the location of the most recent field-verified record.

Figura 1. Mapa de la Península de Yucatán con registros de *Cachryx defensor*. Los puntos en verde corresponden a los registros citados por Díaz-Gamboa et al. (2020) y Monter-Pozos et al. (2022). Los tres puntos en rojo representan las localidades con nuevos avistamientos registrados en Naturalista, y la estrella en rojo representa la localidad del registro más reciente verificado en campo.

Table 1. Localities with records of sightings of *Cachryx defensor* in Quintana Roo, Mexico.

Tabla 1. Localidades con registros de avistamientos de *Cachryx defensor* en Quintana Roo, México.

Municipio	Localidad de registro	Año de registro
José María Morelos	Crucero Verdo, carretera Candelaria-Puerto Arturo	2019
	Nuevo San Marcos	2023
	*Cerca de Xnoh Cruz	2002
Felipe Carrillo Puerto	Porción norte de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an (RBSK)	2023
	*Dzulá	1999
	*Centro-poniente de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an	2002
Bacalar	*Cerca de Buena Esperanza	2017
	Nuevo Tabasco	2017

*Registros previos publicados en la literatura científica: Díaz-Gamboa et al. (2020); Monter-Pozos et al. (2022).



Figure 2. Photographs of new records of specimens of *Cachryx defensor* for Quintana Roo, Mexico. A) Juvenile individual found in May 2017 in Nuevo Tabasco, Bacalar, photograph by Miguel Álvaro Méndez; B) Adult individual observed in April 2019 in Crucero Verdo, José María Morelos, photograph by Carmen Olivia Rosas Correa; C) Juvenile individual observed in January 2023 in the northern zone of Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Felipe Carrillo Puerto, photograph by Francisco Ursúa; D) Adult individual observed in June 2023 in Nuevo San Marcos, José María Morelos, photograph by Luis Cime Ruíz.

Figura 2. Fotografías de nuevos registros de ejemplares de *Cachryx defensor* para Quintana Roo, México. A) Individuo joven encontrado en mayo de 2017 en Nuevo Tabasco, Bacalar, fotografía de Miguel Álvaro Méndez; B) Individuo adulto observado en abril de 2019 en Crucero Verdo, José María Morelos, fotografía de Carmen Olivia Rosas Correa; C) Individuo joven observado en enero de 2023 en la zona norte de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Felipe Carrillo Puerto, fotografía de Francisco Ursúa; D) Individuo adulto observado en junio de 2023 en Nuevo San Marcos, José María Morelos, fotografía de Luis Cime Ruíz.

registro constituye el punto E más extremo de la distribución de la especie.

El cuarto y más reciente registro, corresponde a un ejemplar adulto con restos de muda, observado entre postes abandonados (Fig. 2D), el 6 de junio de 2023 a las 18:45 h en la comunidad rural Nuevo San Marcos (19.842162° N, 88.777712° O; WGS84; 29 m s. n. m.), José María Morelos, a 46.7 km al NO del registro previo más cercano ubicado en Dzulá (Díaz-Gamboa et al., 2020; Monter-Pozos et al., 2022).

Con estos nuevos registros se confirma la presencia de *C. defensor* en la porción central de Quintana Roo (Díaz-Gamboa et al., 2020), sobre los municipios de Felipe Carrillo Puerto, José María Morelos y Bacalar, ampliando así su área de distribución hasta la costa E de la Península de Yucatán, a partir de la distribución geográfica propuesta por Malone et al. (2017) para esta especie.

Agradecimientos.—Agradecemos a cada una de las personas que tomaron las fotografías de los ejemplares que sustentan esta nota; así como a dos revisores anónimos, cuyos comentarios ayudaron a mejorar la versión final del manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2019. Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección Ambiental. Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestres. Categorías de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio. Lista de Especies En Riesgo. Diario Oficial, México.
- Díaz-Gamboa, L., D. May-Herrera, A. Gallardo-Torres, R. Cedeño-Vázquez, V. González-Sánchez, X. Chiappa-Carrara & C. Yañes-Arenas. 2020. Catálogo de Reptiles de la Península de Yucatán. UNAM, Yucatán, México.
- Hernández-Cerda, M.E., M.J. Ordoñez-Díaz & J. Giménez-de Azcárate. 2018. Análisis comparativo de dos sistemas de clasificación bioclimática aplicados en México. Investigaciones Geográficas 95:4-14.
- Köhler, G. 2004. *Ctenosaura defensor*. The IUCN Red List of Threatened Species 2004: e.T44182A10857610. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2004.RLTS.T44182A10857610.en> [Consultado en Julio 2023].
- Köhler, G. 1996. Freilanduntersuchungen zur morphologie, verbreitung und lebensweise des Yucatán-Schwarzleguans (*Ctenosaura defensor*). Salamandra 32:153-162.
- Lee, J.C. 1996. The Amphibians and Reptiles of the Yucatán Peninsula. Cornell University Press, Ithaca, New York.
- Leyva-Ramírez, L. 2015. Distribución y Selección de Refugio de la Iguana Chop *Ctenosaura defensor* (Cope, 1866), en la Península de Yucatán, México. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur. México.
- Malone, C.L., V.H. Reynoso, L. Buckley. 2017. Never judge an iguana by its spines: Systematics of the Yucatan spiny tailed iguana, *Ctenosaura defensor* (Cope, 1866). Molecular Phylogenetics and Evolution 115:27-39.
- Monter-Pozos, A., J.C. Hernández-Hernández, P.E. Nahuat-Cervera & J.R. Avilés-Novelo. 2022. La iguana Chopito (*Cachryx defensor*), endémica de la provincia biótica de la península de Yucatán. Bioagrociencias 15:77-84.
- Ramírez-Bautista, A., L.A. Torres-Hernández, R. Cruz-Elizalde, C. Berriozabal-Islas, U. Hernández-Salinas, L.D. Wilson, J.D. Johnson, L.W. Porras, C.J. Balderas-Valdivia, A.J.X. González-Hernández & V. Mata-Silva. 2023. An updated list of the Mexican herpetofauna: with a summary of historical and contemporary studies. ZooKeys 1166:287-306.



OBSERVATION OF OPHIOPHAGY AND POSSIBLE ARBORAL BEHAVIOR IN *MICRURUS DISTANS* (SQUAMATA: ELAPIDAE) ON *LEPTODEIRA SEPTENTRIONALIS* (SQUAMATA: DIPSADIDAE) AND COMMENTS ON ITS DISTRIBUTION IN SINALOA, MEXICO

OBSERVACIÓN DE OFIOFAGÍA Y POSIBLE COMPORTAMIENTO ARBÓREO EN *MICRURUS DISTANS* (SQUAMATA: ELAPIDAE) SOBRE *LEPTODEIRA SEPTENTRIONALIS* (SQUAMATA: DIPSADIDAE) Y COMENTARIOS SOBRE SU DISTRIBUCIÓN EN SINALOA, MÉXICO

Mauro Aguirre-Zazueta¹, José David Jacobo-González², Héctor Alexis Castro-Bastidas^{3*} & Jesús Alberto Loc-Barragán⁴

¹Universidad para el Bienestar “Benito Juárez García”, Cosalá 80786, Sinaloa, México.

²Reserva Ecológica del Mineral de Nuestra Señora Mundo Natural, Universidad Autónoma de Sinaloa, Cosalá 80780, Sinaloa, México.

³Posgrado en Ciencias Aplicadas al Aprovechamiento de los Recursos Naturales, Centro de Estudios “Justo Sierra” (CEJUS), Badiraguato 80600, Sinaloa, México.

⁴Posgrado en Ciencias Ambientales, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla, Puebla 73680, México.

*Correspondence: alexizbastidas@gmail.com

Received: 2023-06-20. Accepted: 2023-08-25. Published: 2023-09-05.

Editor: Irene Goyenechea Mayer-Goyenechea, México.

Resumen.— La serpiente coral *Micrurus distans* es una especie endémica de México, es principalmente de hábitos terrestres y se sabe poco sobre su dieta específica. Reportamos una observación de ofiofagía en *M. distans* sobre una *Leptodeira septentrionalis* y un posible comportamiento arbóreo de la especie. También comentamos sobre la distribución de *L. septentrionalis* y argumentamos a favor de su inclusión en las listas herpetofaunales de Sinaloa, a pesar de haber sido registrada en años anteriores y ser excluida en un último listado reciente. Además, verificamos la presencia de la especie en el municipio de Cosalá a partir de registros de ciencia ciudadana. Finalmente, concluimos que estas observaciones robustecen la idea de que *M. distans* es una serpiente depredadora oportunista de otras serpientes y adaptable a las circunstancias del medio.

Palabras clave.— Ciencia ciudadana, depredación, dieta, historia natural, *Leptodeira polysticta*, serpientes.

Abstract.— The coral snake *Micrurus distans* is a species endemic to Mexico. It inhabits mainly terrestrial habitats, and little is known about its specific diet. Herein, we report an observation of ophiophagy in *M. distans* on a *Leptodeira septentrionalis* and possible arboreal behavior of the species. We also comment on the distribution of *L. septentrionalis* and argue for its inclusion in the herpetofaunal lists of Sinaloa, despite having been recorded in previous years and excluded in a recent listing. In addition, we verify the presence of the species in the municipality of Cosalá based on citizen science records. Finally, we conclude that these observations support the idea that *M. distans* is an opportunistic predator of other snakes and adaptable to environmental circumstances.

Keywords.— Citizen science, diet, natural history, *Leptodeira polysticta*, predation, snakes.

Ophiophagy is a specialized form of feeding behavior of species that hunt and eat snakes. However, this behavior is common among snakes, but are generally considered occasional occurrences (Capula et al., 2014) and has been reported in many genera (e.g., *Cylindrophis*, *Agkistrodon*, *Lampropeltis*, *Drymarchon*, *Ophiophagus*,

Micrurus, *Atractaspis*, and many others; Greene, 1997). This may be due to climate-related stressors such as increasingly potent long periods of drought that will almost certainly have negative effects on populations (Becerra-López et al., 2022; Berriozabal-Islas et al., 2021). If common prey species become scarce due to these factors,

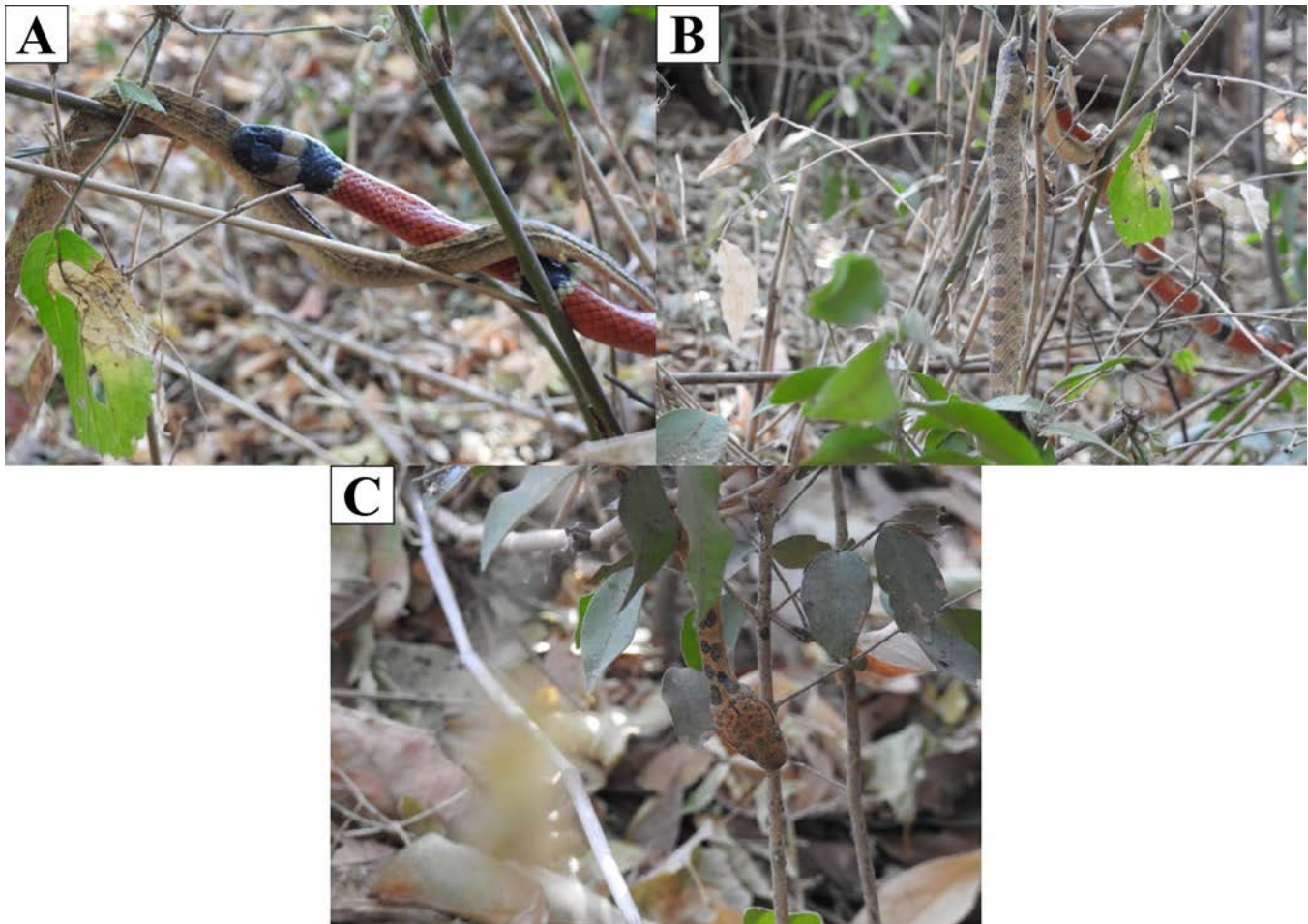


Figura 1. A) Individuo de *Micrurus distans* mordiendo a *Leptodeira septentrionalis* (registro fotográfico MZFC-IMG88); B) Ambas serpientes interactuando sobre un arbusto (MZFC-IMG87); y C) Un individuo de *L. septentrionalis* como presa de *M. distans* (MZFC-IMG85). Fotografías tomadas por MAZ.

Figure 1. A) Individual of *Micrurus distans* biting *Leptodeira septentrionalis* (photographic voucher MZFC-IMG88); B) Both snakes interacting on a bush (MZFC-IMG87); and C) An individual of *L. septentrionalis* as prey of *M. distans* (MZFC-IMG85). Photographs by MAZ.

some snakes that prey on other snakes may be forced to take risk, in this type of behavior. Some published observations indicate that some of these may ingest other snakes that equal or exceed their own body length (Jackson et al., 2004).

Micrurus distans is a terrestrial snake endemic to Mexico belonging to the family Elapidae that inhabits tropical deciduous forests, thorn forests and desert scrub from southwestern Chihuahua to central Guerrero (Ernst & Ernst, 2011). The diet of *M. distans* is known to consist of frogs, lizards and predominantly other snakes (Ramírez-Bautista, 1994; Roze, 1996), however, specific dietary records are exceptional in the literature. Therefore, only four snake species (*Lampropeltis triangulum*, *Drymarchon melanurus*, *Rhinocheilus lecontei* and *Leptodeira maculata*) have been

reported in the diet of *M. distans* (Santana, 2011; Warfel et al., 2015; Loc-Barragán et al., 2023). Here we report an observation of Ophiophagy in *M. distans* on a *Leptodeira septentrionalis* and a possible arboreal behavior of the species, in addition, comments on the distribution of *L. septentrionalis*.

On April 30, 2023 around 9:30 h one of the authors (MAZ) observed the interaction between a *M. distans* on a *L. septentrionalis* in the locality of Las Mimbres (24.293476 °N, 106.763378 °W; WGS84; Elev. 262 m a.s.l.) belonging to the municipality of Cosalá, Sinaloa, Mexico. The individual of *M. distans* was observed biting the individual of *L. septentrionalis* (Fig. 1A), without ceasing to do so during the time it was observed. The individual of *M. distans* apparently moved to the bush where

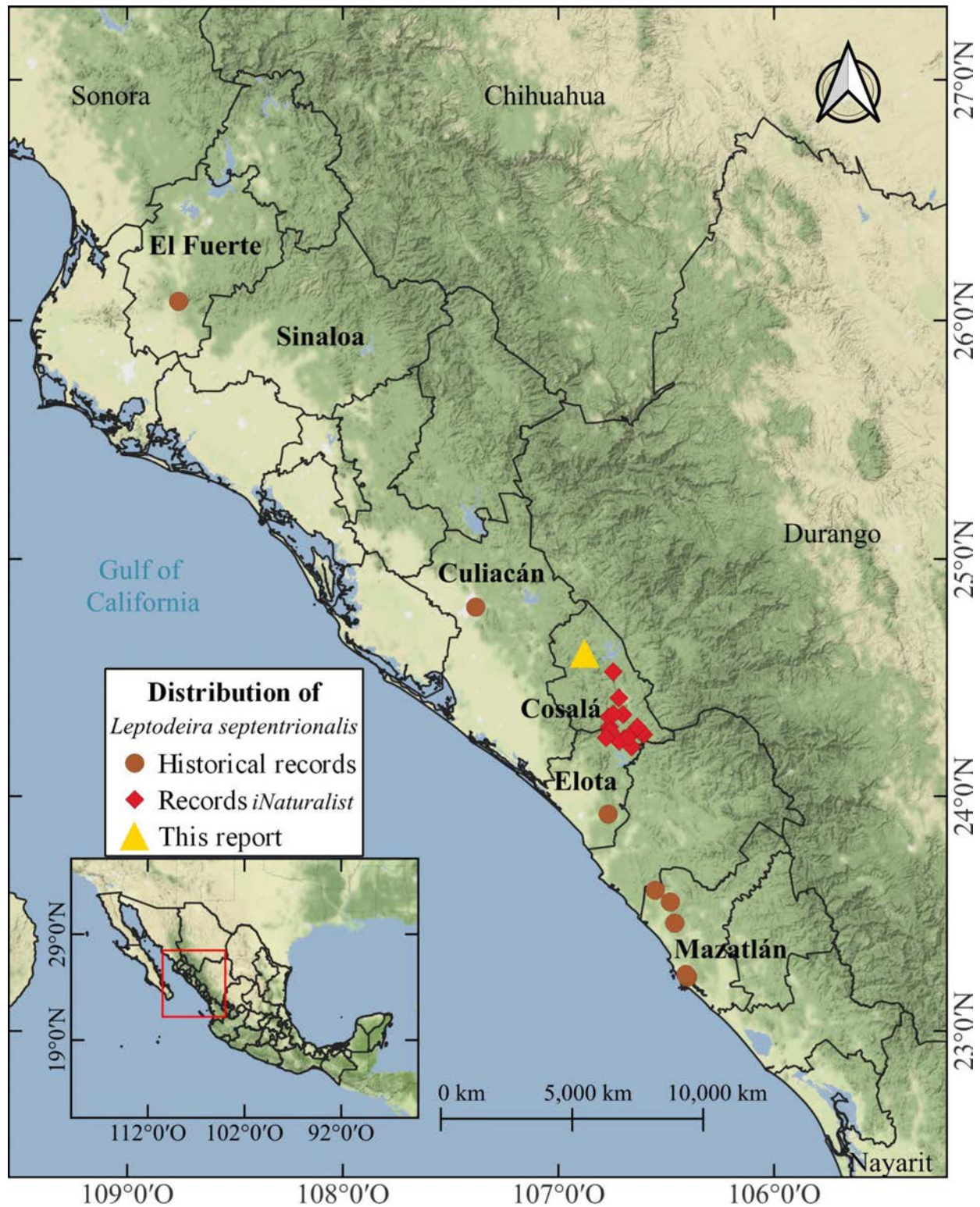


Figure 2. Mapa de distribución en puntos de *Leptodeira septentrionalis* sobre la división política municipal de Sinaloa, México.

Figura 2. Point distribution map of *Leptodeira septentrionalis* over the municipal political division from Sinaloa, Mexico.

L. septentrionalis was located until it bit it (Fig. 1B). Photographs were then taken of the two snakes as they interacted. In order not to interrupt the predation event, the first author left the site after taking the photographs. After approximately three hours, the author returned to the scene and found none of the snakes. Therefore, we assume that the predation event may have been successful and that the individual *M. distans* took refuge to digest its prey. Additionally, the photographs taken were deposited in the Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera" belonging to the Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM): photographic vouchers MZFC 84-8.

Coral snakes are mainly terrestrial with fossorial and elusive habits, although arboreal behavior has been reported in several species (*M. circinalis*, *M. fulvius*, *M. nigrocinctus*, *M. surinamensis* and *M. diastema*; Dávila et al., 2014; Valencia-Herverth et al., 2016). Thus, the behavior in the effort of this individual of *M. distans* to prey on *L. septentrionalis* may have been occasional in this case. Although expected Ophiophagy is not always successful (Johnson & Blais, 2021), it is likely that this encounter between *M. distans* and *L. septentrionalis* did prove conclusive due to *M. distans*' adaptive strategies of venom inoculation. Ophiophagous predators have also been reported to become ophiophagous prey, and this appears to be the case in *L. septentrionalis* (see McKelvy et al., 2013; Nuñez-Escalante et al., 2021).

It should be noted that Hardy and McDiarmid (1969) made the first record of *L. septentrionalis* for Sinaloa, but Lemos-Espinal and Smith (2020) did not include it in their list. In a taxonomic revision of the group, Barrio-Amorós (2019) elevated *L. septentrionalis polysticta* to species, so that individuals from western Mexico were considered *L. polysticta* until that time. Subsequently, Costa et al. (2022) again made a phylogenetic study of the genus *Leptoderia* where they concluded that their study does not support the elevation to species of *L. polysticta* and argued that maintaining the subspecific level for both morphotypes represents a more conservative approach.

On the other hand, historical records of *L. septentrionalis* have been reported only for the municipalities of El Fuerte, Culiacán, Elota and Mazatlán (Hardy & McDiarmid, 1969; VertNet, 2023). However, the individual reported in this work was found in the municipality of Cosalá, so, it is also important to highlight additional citizen science records of *L. septentrionalis* in the iNaturalist platform (GBIF, 2023). Some diagnostic features that distinguish *L. septentrionalis* from other species of the genus in the state are: more than 50 dorsal spots anterior to the cloaca extending laterally to the dorsal scale rows; more than 25 dorsal blotches on the tail that united distally; a single median stripe

on the nape extends posteriorly three to four scales from the parietals (Hardy & McDiarmid, 1969). Therefore, the individual of *Leptoderia* reported in this work we consider *L. septentrionalis* (Fig. 1C), even due to the disagreement of some authors and the confusion of databases that do not include this species in the state of Sinaloa (Antúnez-Fonseca et al., 2023; Uetz et al., 2023). Therefore, the distribution of the species is extended to of Cosalá region in Sinaloa (Fig. 2).

In conclusion, we report two possible natural history cases on the knowledge of *M. distans*. Therefore, these observations strengthen the idea that *M. distans* is an opportunistic predator of other snakes and adaptable to environmental circumstances. In addition, we argue for the inclusion of *L. septentrionalis* in the herpetofaunal lists of Sinaloa and verify the presence of the species in the municipality of Cosalá based on citizen science records.

Acknowledgments.— We thank María Guadalupe Costa Medrano for her field support. We also thank Eric N. Smith (UTA, University of Texas Arlington) and Ricardo Palacios Aguilar (UNAM) for their valuable comments on the identification of the species reported in this work. In addition, to Diana Fuentes de La Rosa for cataloging the photographs.

CITED LITERATURE

- Antúnez-Fonseca, C.A., W.J. Alvarado-Ortíz, O.R. Suazo-Ortega, A.J. Salguero-Sanchez & C.L. Barrio-Amorós. 2023. Ampliación de la distribución de *Leptodeira septentrionalis polysticta* (Squamata: Dipsadidae) en Honduras, con comentarios sobre su biogeografía. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:e672 (90-95).
- Barrio-Amorós, C.L. 2019. On the taxonomy of snakes in the genus *Leptodeira*, with an emphasis on Costa Rican species. *Reptiles & Amphibians* 26:1-15.
- Becerra-López, J.L., R. Cruz-Elizalde, A. Ramírez-Bautista, I. Magno-Benítez, C. Ballesteros-Barrera, J. Alvarado-Díaz, R.W. Bryson Jr, U. Hernández-Salinas, C.A. Díaz-Marín, C. Berriozabal-Islas, K. Fraire-Galindo, J. Tello-Ruiz, A. Czaja & M.G. Torres-Delgado. 2022. Does size matter? An analysis of the niche width and vulnerability to climate change of fourteen species of the genus *Crotalus* from North America. *PeerJ* 10:e13154.
- Berriozabal-Islas, C., A. Ramírez-Bautista, F. Torres-Ángeles, J.F. Mota-Rodrigues, R. Macip-Ríos & P. Octavio-Aguilar. 2020. Climate change effects on turtles of the genus *Kinosternon* (Testudines: Kinosternidae): an assessment of habitat suitability and climate niche conservatism. *Hydrobiologia* 847:4091-4110.

- Capula, M., M. Grano, C. Cattaneo & F. Contini. 2014. Ophiophagy in *Hierophis viridiflavus* (Lacépède, 1789) (Serpentes, Colubridae): more than occasional? *Scripta Herpetologica* 1:19-14.
- Costa, J.C., R. Graboski, F.G. Grazziotin, H. Zaher, M.T. Rodrigues & A.L.D.C. Prudente. 2022. Reassessing the systematics of *Leptodeira* (Serpentes, Dipsadidae) with emphasis in the South American species. *Zoologica Scripta* 0:1-19.
- Dávila, P.E.B., H.S. Takahashi & M.H.O. Barbosa. 2014. Natural History Notes. *Micrurus surinamensis* (Aquatic Coralsnake). Behavior. *Herpetological Review* 45:340.
- Ernst, C.H. & E.M. Ernst. 2011. *Venomous Reptiles of the United States, Canada and Northern Mexico*, Volume 1. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, USA.
- GBIF. 2023. GBIF Occurrence Download: *Leptodeira polysticta*, Sinaloa; Mexico. <https://doi.org/10.15468/dl.ytyjqs> [Consulted in may 2023].
- Greene, H.W. 1997. *Snakes: the Evolution of Mystery in Nature*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, USA.
- Hardy, L.M. & R.W. McDiarmid. 1969. The amphibians and reptiles of Sinaloa, Mexico. University of Kansas publications, Museum of Natural History 18:39-252.
- Jackson, K., N.J. Kley & E.L. Brainerd. 2004. How snakes eat snakes: the biomechanical challenges of ophiophagy for the California kingsnake, *Lampropeltis getula californiae* (Serpentes: Colubridae). *Zoology* 107:191-200.
- Johnson, S. & B. Blais. 2021. Ophiophagous combatants: predation on a kingsnake (*Lampropeltis* sp.) by a coachwhip (*Coluber flagellum*) in the Sonoran Desert. *Reptiles & Amphibians* 28:462-464.
- Lemos-Espinal, J.A. & G.R. Smith. 2020. A checklist of the amphibians and reptiles of Sinaloa, Mexico with a conservation status summary and comparisons with neighboring states. *ZooKeys* 931:85-114.
- Loc-Barragán, J.A., G.A. Woolrich-Piña & E. Tejeda Sánchez. 2023. Diet: *Micrurus distans* (Sinaloa coralsnake). *Herpetological Review* 54:140-141.
- McKelvy, A.D., A. Figueroa & T.R. Lewis. 2013. First record of ophiophagy in the widely distributed snake *Leptodeira septentrionalis* (Kennicott, 1859) (Ophidia, Colubridae). *Herpetology Notes* 6:177-178.
- Núñez-Escalante, R., C. Alvarado Acuna & A. Alvarado-Acuna. 2021. Second report of ophiophagy in a cat-eyed snake (*Leptodeira* sp.) in Costa Rica. *Reptiles & Amphibians* 28:102-103.
- Ramírez-Bautista, A. 1994. *Manual y Clave Ilustrada de los Anfibios y Reptiles de la Región de Chamela, Jalisco, México*. Instituto de Biología, UNAM, México.
- Roze, J.A. 1996. *Coral Snakes of the Americans: Biology, Identification, and Venoms*. Krieger publishing company Malabar, Florida, USA.
- Santana, S. 2011. Diet: *Micrurus distans* (Sinaloa coralsnake). *Herpetological Review* 42:294.
- Uetz, P., P. Freed, R. Aguilar, F. Reyes & J. Hošek (Eds.). 2023. The Reptile Database, <http://www.reptile-database.org> [Consultado en mayo 2023]
- Valencia-Herverth, J., L. Fernández-Badillo & G. Vargas-Licona. 2016. Arboreal behavior: *Micrurus diastema* (Duméril, Bibron & Duméril, 1854). *Mesoamerican Herpetology* 3:501-502.
- VertNet. 2023. Records of *Leptodeira septentrionalis* in Sinaloa, Mexico. [http://portal.vertnet.org/search?q=specific epithet: septentrionalis+genus:Leptodeira+stateprovince: %22Sinaloa%22+country:%22Mexico%22](http://portal.vertnet.org/search?q=specific epithet: septentrionalis+genus:Leptodeira+stateprovince:%22Sinaloa%22+country:%22Mexico%22) [Consulted in may 2023].
- Warfel, T., M. Cage & D.J. Stevenson. 2015. Diet: *Micrurus distans distans* (West mexican coralsnake). *Herpetological Review* 46:275.



FIRST RECORD OF ECTOMELY IN *PHRYNOSOMA ORBICULARE* (SQUAMATA: PHRYNOSOMATIDAE)

PRIMER REGISTRO DE ECTOMELIA EN *PHRYNOSOMA ORBICULARE* (SQUAMATA: PHRYNOSOMATIDAE)

César A. Díaz-Marín^{1*}, Tonantzin Carmona-Zamora¹, Cinthya Mendoza-Almeralla¹ & Aurelio Ramírez-Bautista¹

¹Laboratorio de Ecología de Poblaciones, Centro de Investigaciones Biológicas, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, km. 4.5 carretera Pachuca-Tulancingo, 42184, Mineral de La Reforma, Hidalgo, México

* Corresponding author e-mail: cesaardm@hotmail.com

Received: 2023-07-10. Accepted: 2023-08-26. Published: 2023-09-05.

Editor: Ernesto Raya-García, México.

Resumen.— Documentamos un caso de una anomalía en una extremidad anterior de una hembra adulta de *Phrynosoma orbiculare* encontrada en Aguascalientes, México.

Palabras clave.— Especie endémica, lagartija, México, anomalía morfológica, pérdida parcial de extremidad.

Abstract.— We report a case of a forelimb anomaly in an adult female of *Phrynosoma orbiculare* found in Aguascalientes, Mexico.

Keywords.— Endemic species, lizard, Mexico, morphological anomaly, partial limb loss.

In lizards, limb morphology is directly related to uses of habitats and microhabitats and represents the outcome of phylogenetic conservatism and the genetic pool of species (Vitt et al., 1997; Melville & Swain, 2000; Herrel et al., 2002). Considering it is also correlated positively with locomotor performance (Melville & Swain, 2000), and this in turn with dominance (Robson & Miles, 2000), it is expected that male limb morphology might be under stronger selective pressures than female limb morphology (Herrel et al., 2002). Therefore, any kind of limb anomaly might constitute a potential cost to the overall fitness of individuals (Gkourtsouli-Antoniadou et al., 2017). However, limb anomalies are quite common in different lizard species (Gleed-Owen, 2012; Kolenda et al., 2017; Gkourtsouli-Antoniadou et al., 2017; Christopoulos & Pafilis, 2020; Mora et al., 2020) and are regarded as having genetic and environmental origins (Rothschild et al., 2012; Kolenda et al., 2017; Christopoulos & Pafilis, 2020). Here we report the first case of a forelimb anomaly in an individual of Mountain Horned Lizard *Phrynosoma orbiculare*.

The Mountain Horned Lizard *Phrynosoma orbiculare* is an endemic species of Mexico, inhabiting an elevation range between 1,371-3,450 m a.s.l. across the Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Transmexican Volcanic Belt, and Chihuahuan Desert (Sherbrooke, 2003; Ramírez-Bautista et al., 2014). This species occupies xeric scrublands and pine-oak forests in states of the north (Sonora, Sinaloa, Chihuahua,

Durango, Tamaulipas, Nuevo León, Zacatecas, Aguascalientes, and San Luis Potosí), center (Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Morelos, Tlaxcala, Ciudad de México, Estado de México, and Puebla), west (Jalisco and Michoacán) and south of the country (Veracruz, Sherbrooke, 2003; Moreno-Barajas et al., 2013; Ramírez-Bautista et al., 2014; Payan-Cazares et al., 2023). In the state of Aguascalientes, *P. orbiculare* is found in the municipalities of Calvillo, San José de Gracia, Jesús María, Tepezalá, and Aguascalientes (Vázquez-Díaz & Quintero-Díaz, 2005).

On August 20th, 1982 at 14:45 h, Zeferino Uribe-Peña collected alive an adult female of *P. orbiculare* (77.63 mm snout-vent length) at Barranca Los Pílares, Sierra de San Blas de Pabellón, San José de Gracia, Aguascalientes (22.214219° N, 102.483921° W, 2,420 m a.s.l.). The lizard was found on the leaf litter of an oak-juniper forest. It was humanely euthanized, fixed in 10% formalin, preserved in 70% ethanol, and stored by ARB at Laboratorio de Ecología de Poblaciones, Centro de Investigaciones Biológicas (CIB), Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH). Subsequently, we deposited this specimen in the herpetological collection of the CIB, UAEH, under the voucher number CIB-6469. This adult female of *P. orbiculare* had an incomplete left forelimb, from which the arm was complete and scarred, the forearm was stunted, and the hand and toes were lacking (Figure 1A, B). The scalation was normal, except at the base, where it had two tough and large scales of different color (Figure 1C, D). The

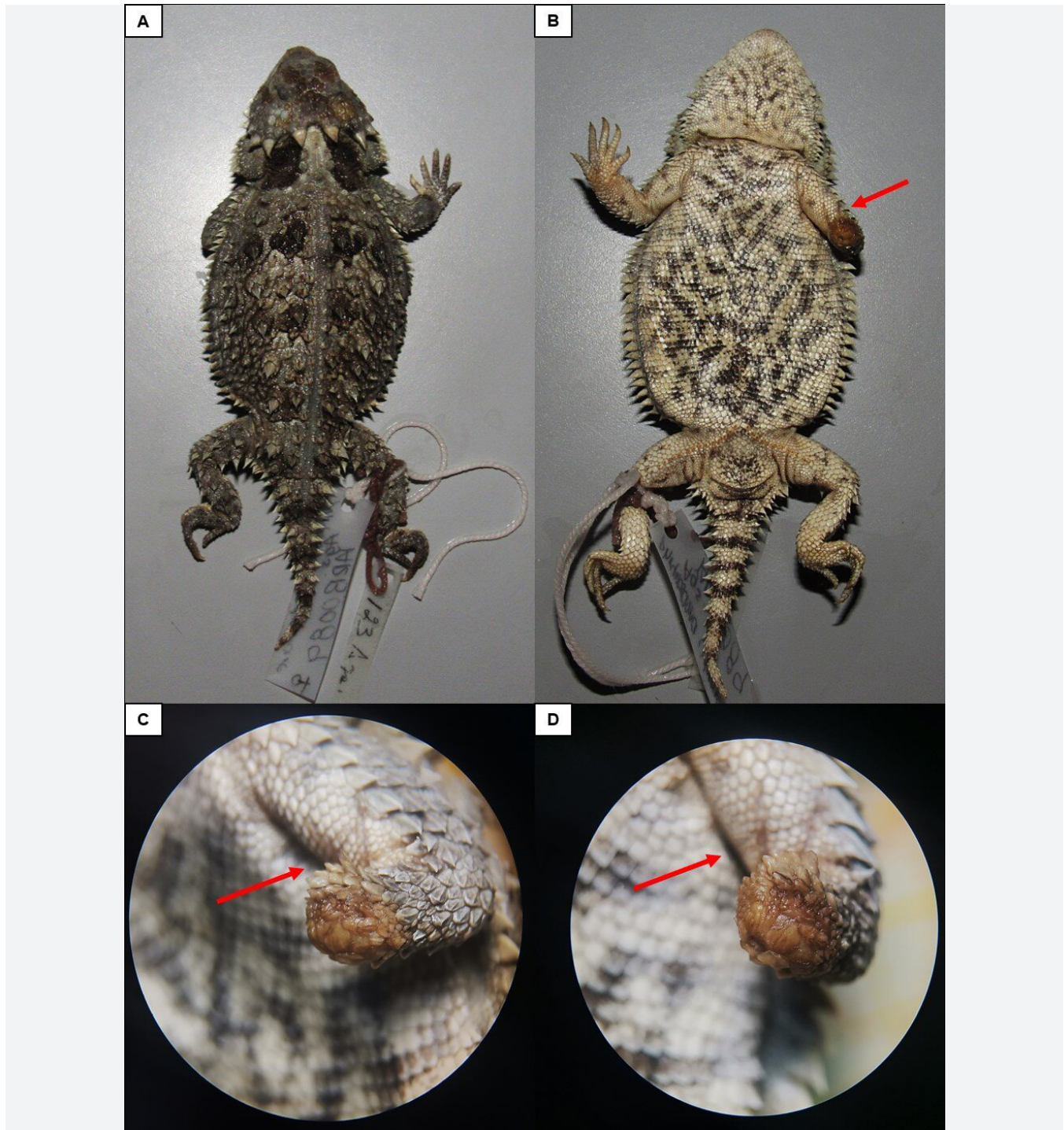


Figura 1. Vista dorsal (A) y ventral (B) de hembra de *Phrynosoma orbiculare* con anomalía en la extremidad anterior del municipio de San José Gracia en el estado de Aguascalientes en México. Detalles de la extremidad anterior en vista lateral (C) y ventral (D). Note el color y la forma distintivos de las escamas regeneradas en la base de la extremidad anterior y la cicatrización en el brazo (flechas rojas).

Figure 1. Dorsal (A) and ventral view (B) of the female of *Phrynosoma orbiculare* with forelimb anomaly from San José de Gracia municipality in the state of Aguascalientes in Mexico. Details of the forelimb in lateral (C) and ventral view (D). Note the distinct color and shape of regenerated scales at the base of the forelimb and scarring on the arm (red arrows).

change in coloration probably occurred either because of the fixation process, scarring, or both. Given that the lower portion was missing, this forelimb anomaly could be classified as an ectomely, according to Rothschild et al. (2012).

Previous studies in different lizard species have considered two potential causes for limb anomalies: injuries from predation attempts (Mora et al., 2020) or malformation during embryo development (Raynaud, 1990). Predators of *Phrynosoma* lizards are quite diverse, including mammals such as canids (e.g., *Vulpes* spp. and *Canis latrans*) and rodents (e.g., *Onychomys torridus*); birds such as falcons (*Falco* spp.) and hawks (e.g., *Buteo lineatus*); and snakes (e.g., *Crotalus atrox* and *Masticophis* spp.; Sherbrooke, 2003, 2022). Snakes generally attack and swallow their prey (including *Phrynosoma* lizards) from the head, while mammals and birds might grab them from any part of the body, including limbs (Sherbrooke, 2003). Given the available evidence of the *P. orbiculare* reported here, this limb anomaly probably would be related to a vertebrate predation attempt (e.g., mammal or bird), but we cannot rule out the possibility that it could result from a malformation of embryo development.

A previous record in *P. cornutum* has shown that horned lizards can survive predator attacks with visible and healed wounds (Sherbrooke, 2022); however, to our knowledge, there are no records of *Phrynosoma* lizards that had survived a predation attempt with partial limb loss. Records of other lizard species suggest that individuals with ectomely do not decrease their mobility and flee capacity (Gleed-Owen, 2012; Kolenda et al., 2017; Christopoulos & Pafilis 2020; Mora et al., 2020), but they probably would not be able to climb. Taking all into account, this is the first case of ectomely in a *Phrynosoma* lizard and further studies could help to elucidate if this kind of anomaly is environmentally or genetically determined.

Acknowledgements.— We thank Zeferino Uribe-Peña for donating the specimen of *Phrynosoma orbiculare* to Laboratorio de Ecología de Poblaciones, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

CITED LITERATURE

- Christopoulos, A. & P. Pafilis. 2020. Hindlimb malformation in a widely distributed skink, *Chalcides ocellatus*. *Herpetology Notes* 13:16-17.
- Gleed-Owen, C. 2012. *Zootoca vivipara* (common or viviparous lizard): injury or pathology? *Herpetological Bulletin* 120:35-36.
- Gkourtsouli-Antoniadou, I., A. Deimezis-Tsikoutas, K. Vassaki, A. Vezyrakis & P. Pafilis. 2017. A tail where it shouldn't be: a morphological anomaly in *Podarcis erhardii*. *Herpetology Notes* 10:233-234.
- Herrel, A., J.J. Meyers & B. Vanhooydonck. 2002. Relationships between microhabitat use and limb shape in phrynosomatid lizards. *Biological Journal of the Linnean Society* 77:149-163.
- 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.
- Melville, J. & R. Swain. 2000. Evolutionary relationships between morphology, performance and habitat openness in the lizard genus *Niveoscincus* (Scincidae: Lygosominae). *Biological Journal of the Linnean Society* 70:667-683.
- Mora, J.M., L.I. López & N. Campos-Loría. 2020. An adult male *Basiliscus plumifrons* Cope, 1875 without an arm survives in the tropical rain forest of Costa Rica. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 3:123-125.
- Moreno-Barajas, R., F. Rodríguez-Romero, A. Velázquez-Rodríguez & A. Aragón-Martínez. 2013. Variación geográfica en *Phrynosoma orbiculare* (Sauria: Phrynosomatidae): análisis de las subespecies. *Acta Zoológica Mexicana* 29:129-143.
- Payan-Cazares, E., E. A. Gamez-Duarte, J. D. Jacobo-González & A. Castro-Bastidas. 2023. *Phrynosoma orbiculare* (Squamata: Phrynosomatidae). *Revista Latinoamericana de Herpetología* 6:162-163.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, R. Cruz-Elizalde, C. Berriozabal-Islas, D. Lara-Tufiño, I. Goyenechea Mayer-Goyenechea, & J.M. Castillo-Cerón. 2014. Los Anfíbios y Reptiles de Hidalgo, México: Diversidad, Biogeografía, y Conservación. Sociedad Herpetológica Mexicana, A. C. Ciudad de México, México.
- Raynaud, A. 1990. Developmental mechanism involved in the embryonic reduction of limbs in reptiles. *International Journal of Developmental Biology* 34:233-243.
- Robson, M.A. & D.B. Miles. 2000. Locomotor performance and dominance in male tree lizards, *Urosaurus ornatus*. *Functional Ecology* 14:338-344.

- Rothschild, B.M., H.P. Schultze & R. Pellegrini. 2012. Herpetological osteopathology: annotated bibliography of amphibians and reptiles. Springer Science and Business Media, New York, USA.
- Sherbrooke, W.C. 2003. Introduction to Horned Lizards of North America. University of California Press, Berkeley, California, USA.
- Sherbrooke, W.C. 2022. *Phrynosoma cornutum* (Texas Horned Lizard). Predator attack survival. Herpetological Review 53: 135-146.
- Vázquez-Díaz, J. & G.E. Quintero-Díaz. 2005. Anfibios y reptiles de Aguascalientes. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Ciudad de México, México.
- Vitt, L.J., J. P. Caldwell, P.A. Zani & T.A. Titus. 1997. The role of habitat shift in the evolution of lizard morphology: evidence from tropical *Tropidurus*. Proceedings of the National Academy of Sciences 94:3828-3832.



FIRST RECORD OF ECTROMELIA IN *DRYOPHYTES EXIMIUS* (ANURA: HYLIDAE) FROM CENTRAL MEXICO

PRIMER REGISTRO DE ECTROMELIA EN *DRYOPHYTES EXIMIUS* (ANURA: HYLIDAE) DEL CENTRO DE MÉXICO

Alan Isaac Olvera-Mendoza¹, Emiliano Hernández-Jiménez¹, César A. Díaz-Marín^{1*} & Aurelio Ramírez-Bautista¹

¹Laboratorio de Ecología de Poblaciones, Centro de investigaciones Biológicas, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, km 4.5 carretera Pachuca-Tulancingo, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

*Correspondence: cesaardm@hotmail.com

Received: 2023-06-29. Accepted: 2023-08-24. Published: 2023-09-21.

Editor: Norberto Martínez-Méndez, México.

Abstract. – We report the first record of ectromelia (incomplete limb segments) in an individual of *Dryophytes eximius* found in a pine forest of Hidalgo, MEXICO.

Keywords. – Amphibians, morphological anomalies, abnormality, hylids.

Resumen. – Reportamos el primer registro de ectromelia (segmento de miembro incompleto) en un individuo de *Dryophytes eximius* encontrado en un bosque de pino en Hidalgo, México.

Palabras clave. – Anfibios, anomalías morfológicas, anormalidad, hílidos.

Invertebrates, morphological anomalies imply a lack of symmetry or an imbalance in anatomical structures (Lannoo, 2008). Detection and evaluation of these anomalies in amphibians have generated a scientific interest in understanding the causes and the extrinsic (e.g., UV-B radiation, chemical contaminants, parasites, and predation; Blaustein & Johnson 2003; Barragan-Ramírez & Navarrete-Heredia, 2011; Henle et al., 2017) and intrinsic (outcomes of mutations, developmental errors and trauma, or other kind of diseases; Johnson et al., 2002; Blaustein & Johnson 2003) factors that promote them.

Meteyer (2000) described over 20 different types of morphological abnormalities in anurans, mainly in species or populations that inhabit anthropized areas, including agricultural lands, suburban or modified sites, and polluted aquatic systems (Ouellet et al., 1997; Johnson et al., 2003; Peltzer et al., 2011; Aguillón-Gutiérrez & Ramírez-Bautista, 2015). Records of malformed frogs have been increasing since 1990 (Stocum, 2000) and together with the global decline of amphibian populations are of great concern considering the current biodiversity crisis and increasing of infectious diseases (Blaustein & Johnson, 2003).

The most common morphological anomalies in anurans are complete or partial missing limbs (Gardiner & Hoppe, 1999; Johnson et al., 2002; Peltzer et al., 2011; Ramírez-Jaramillo, 2019). Usually, individuals with limb anomalies have impaired locomotor performance, which makes them more prone to predation than those with fully-formed limbs (Johnson et al., 1999, 2006). Ectromelia (incomplete limb segments; Meteyer, 2000) has been reported in different Mexican anurans, such as *Lithobates neovolcanicus* (Barragan-Ramírez & Navarrete-Heredia, 2011), *Dryophytes plicatus* (Aguillón-Gutiérrez & Ramírez-Bautista, 2015), and *Craugastor rhodopsis* (Díaz-García et al., 2019). The potential causes of this anomaly are exposure to pollutants like heavy metals (Aguillón-Gutiérrez & Ramírez-Bautista, 2015), pesticides (Ouellet et al., 1997), and parasite infection of the trematode *Ribeiroia* (Johnson et al., 1999, 2002).

Dryophytes eximius (Baird, 1854) is a Mexican endemic anuran species, occurring in South Central Durango, Sierra Madre Oriental (southern Tamaulipas), and Transmexican Volcanic Belt (across Jalisco, Colima, Michoacán, Estado de México, Morelos, Ciudad de México, Puebla, Hidalgo, and Veracruz; Frost, 2023). This species can be found in a variety of upland habitats, such

as pine forests at elevations between 900 and 2900 m a.s.l. (Duellman, 2001); however, it can also be found in courtyards, abandoned areas, and sewers (Ramírez-Bautista et al., 2023). *Dryophytes eximius* is considered by international policies (e.g., IUCN red list of threatened species; IUCN, 2020) in the least concern category, but not in a risk category by national laws (e.g., NOM-059-2010; SEMARNAT, 2019).

Here we report the first record of a limb anomaly in *D. eximius*. On 10 September 2022 at 14:30 h, we captured an adult male of *D. eximius* near to a pond in a pine forest in the locality of Canta Ranas, Municipality of Santiago Tulantepec, Hidalgo, Mexico (19.9867281°N, 98.3644809°W, WGS84, 2623 m a.s.l.). The snout-vent length (SVL) and body mass (BM) of the individual were measured with a digital caliper (± 0.01 mm) and a spring balance (± 0.25 g Pesola®), respectively. This adult male (SVL: 30.70 mm, BM: 2.1 g) had the right humerus incomplete and total absence of the radio-ulna bones (Fig. 1). We identified this anomaly as ectromelia according to Meteyer (2000). The individual was released in the capture site after being measured, weighed, and photographed. The pictures of this record were deposited in the digital collection of the Natural History Museum of Los Angeles, California (LACM PC-3011-3012).

This represents the eighth record of anomaly in Mexican hylid frogs (Venero-Tlázalo et al., 2022), and the first reported in the state of Hidalgo. Records of ectromelia in other hylids species, such as *Pseudacris regilla* (Johnson et al., 1999) and *D. plicatus*

(Aguillón-Gutiérrez & Ramírez-Bautista, 2015), have been associated with exposition to parasites and heavy metals. Given their specific characteristics (e.g., permeable skin, as well as terrestrial and aquatic lifestyle), hylids are good bioindicators of environmental health (Zaghloul et al., 2020). The increase in the frequency of morphological abnormalities is potentially related to habitat degradation (Díaz-García et al., 2019), including but not limited to water pollution, increasing ultraviolet radiation, and parasitic infection (Blaustein & Johnson, 2003). There is evidence that malformed individuals have an elevated mortality rate (Johnson et al., 2006), given that *D. eximius* is a semiaquatic species, the ectromelia might diminish its swimming and jumping capacities, which in turn could affect its reproductive success and survival probability (Ouellet et al., 1997), which negatively affects population persistence (Blaustein & Johnson, 2003). It is important to note that the study area has no conservation status, and it is even surrounded by agroecosystems (where agrochemicals are used) which could explain the presence of this morphological anomaly in this frog.

Finally, we consider that evaluation of environmental stressors and surrogates of habitat degradation, such as anomalies, can provide valuable information in the early detection of extinction threats to amphibians at individual and population level related with environmental stressors and intrinsic characteristics of the species such as genetic diversity. Hence, actions such as continuous monitoring of amphibian population parameters in disturbed environments, with special attention to those where

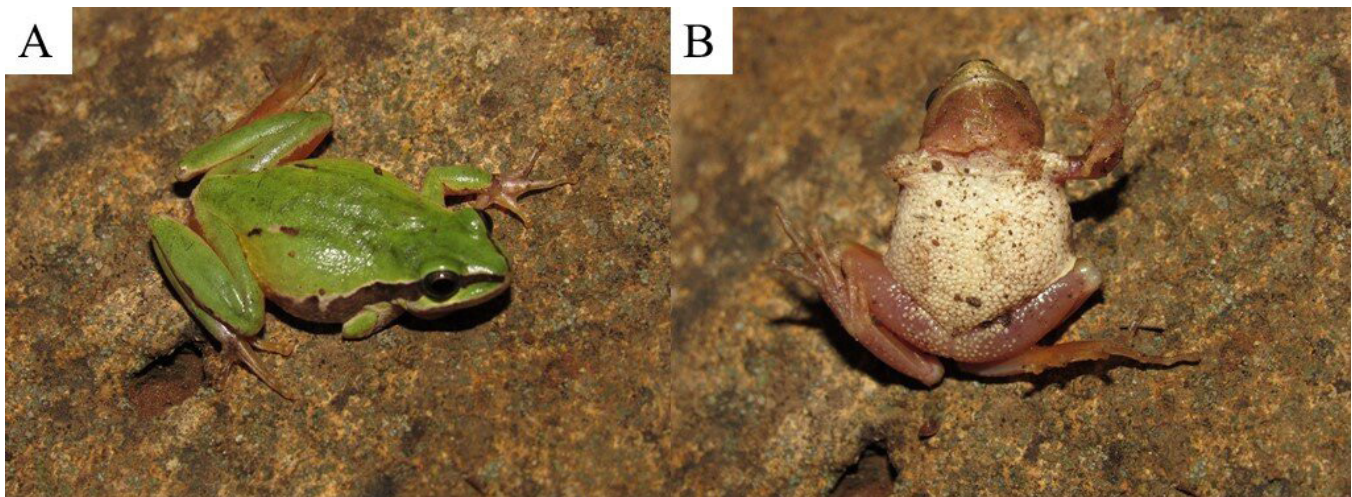


Figura 1. Vista dorsal (A) y ventral (B) de macho adulto de *Dryophytes eximius* con ectromelia (segmento de miembro incompleto) en la extremidad anterior derecha, encontrado cerca de un estanque en un bosque de pino en Hidalgo, México. Fotos: César A. Díaz-Marín (LACM PC-3011-3012).

Figure 1. Dorsal (A) and ventral (B) view of adult male of *Dryophytes eximius* with ectromelia (incomplete limb segment) in the right anterior limb, found near to a pond in a pine forest in Hidalgo, Mexico. Pictures: César A. Díaz-Marín (LACM PC-3011-3012).

there is a considerable incidence of morphological anomalies, would enhance our knowledge of amphibian population status and environmental quality.

Acknowledgments.– We thank Telésforo Emiliano Vera, authorities and landowners in the study area for giving permission to access their land. We are grateful to Joel Hugo Hernández-Peralta, Ariadna Jiménez-Islas, and their family for providing accommodation and assistance during fieldwork. We also thank two anonymous reviewers for helpful comments that improve our work. Fieldwork was conducted under collecting permits SGPA/DGVS/00959/22 and SGPA/DGVS/02608/22 issued by Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). This study was conducted according to the ethics and regulations for animal research of the Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo and the national Mexican law NOM-051-ZOO-1995 (Norma Oficial Mexicana NOM-051-ZOO, 1995).

LITERATURE CITED

- Aguillón-Gutiérrez, D.R. & A. Ramírez-Bautista. 2015. Frequent anomalies in a population of *Hyla plicata* (Anura: Hylidae) exposed to lead and iron during postembryonic development. *BIOCYT: Biología, Ciencia y Tecnología* 8:515-529.
- Barragán-Ramírez, J.L. & J.L. Navarrete-Heredia. 2011. First record of limb malformations in *Lithobates neovolcanicus* (Hillis & Frost 1985) (Anura: Ranidae). *Acta Zoológica Mexicana* 27:837-841.
- Blaustein, A.R. & P.T.J. 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 *Aquiloeurycea cafetalera* (Caudata: Plethodontidae) y ectromelia de fémur en *Craugastor rhodopis* (Anura: Craugastoridae) observadas en un bosque de niebla de Veracruz, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 2:78-81.
- Duellman, W.E. 2001. *Hylid Frogs of Middle America*. Vol. I. The Society for Study of Amphibians and Reptiles. Ithaca, New York, USA.
- Frost, D.R. 2023. *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 6.2. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA. [Consulted on June 2023].
- 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. Dubois & V. Vershinin. 2017. A review of anomalies in natural populations of amphibians and their potential causes. *Mertensiella* 25:57-164.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2020. *Dryophytes eximius*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T55478A53955268. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T55478A53955268.en>. [Consulted on June 2023].
- Johnson, P.T.J., K.B. Lunde, E.G. Ritchie & A.E. Launer 1999. The effect of trematode infection on amphibian limb development and survivorship. *Science* 248:802-804.
- Johnson, P.T.J., K.B. Lunde, E.M. Thurman, E.G. Ritchie, S.N. Wray, D.R. Sutherland, J.M. Kapper, T.J. Frest, J. Bowerman & A.R. Blaustein. 2002. Parasite (*Ribeiroia ondatrae*) infection linked to amphibian malformations in the western United States. *Ecological Monographs* 72:151-168.
- Johnson, P.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.
- Johnson, P.T.J., E.R. Preu, D.R. Sutherland, J.M. Romansic, B. Han & A.R. Blaustein. 2006. Adding infection to injury: synergistic effects of predation and malformations. *Ecology* 87:2227-2235.
- Lannoo, M. 2008. *Malformed frogs: the collapse of aquatic ecosystems*. University of California Press, Berkeley, California, USA.
- Meteyer, C.U. 2000. *Field guide to malformations of frogs and toads with radiographic interpretations*. Biological Science Report, USA.
- Ouellet, M., J. Bonin, J. Rodrigue, J.L. DesGranges & S. Lair. 1997. Hindlimb deformities (Ectromelia, Ectrodactyly) in free-living anurans from agricultural habitats. *Journal of Wildlife Diseases* 33:95-104.
- Peltzer, P.M., R.C. Lajmanovich, L.C. Sanchez, A.M. Attademo, C.M. Junges, C.L. Bionda, A.L. Martino & A. Bassó. 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. First report on the presence of malformations in seven species of frogs (Amphibia, Anura) of tropical rainforest in Ecuador. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 2:34-40.
- Ramírez-Bautista, A., C.A. Díaz-Marín, A. García-Rosales & C. Berriozabal-Islas. 2023. ¿Atrapados, sin salida?: El caso de los anfibios y reptiles en la ciudad de Pachuca, Hidalgo, México. *Biología y Sociedad* 6:34-41.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2019. Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059- SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010. Diario Oficial de la Federación.
- Soto-Rojas, C., I. Suazo-Ortuño, J.A. Montoya-Laos & J. Alvaro-Díaz. 2017. Habitat quality affects the incidence of morphological abnormalities in the endangered salamander *Ambystoma ordinarium*. *PLoS ONE* 12:1-15.
- Stocum, D.L. 2000. Frog limb deformities: an “eco-devo” riddle wrapped in multiple hypotheses surrounded by insufficient data. *Teratology* 62:147-150.
- Venerozo-Tlazalo, D.G., V. Vásquez-Cruz, D. Medina-Nogueira & J.A. De La Rosa-Pérez. 2022. Current list of morphological anomalies in Mexican amphibians with two new cases in the Central-Western state of Veracruz. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 5:15-21.
- Zaghloul, A., M. Saber, S. Gadow & F. Awad. 2020. Biological indicators for pollution detection in terrestrial and aquatic ecosystems. *Bulletin of the National Research Centre* 44:1-11.



HABITAT USE BY *AGALYCHNIS ANNAE* (ANURA: HYLIDAE) AT AN URBAN GREEN SPACE IN COSTA RICA

USO DEL HÁBITAT POR *AGALYCHNIS ANNAE* (ANURA: HYLIDAE) EN UN ESPACIO VERDE URBANO EN COSTA RICA

Viviana Arguedas^{1,2}, José Manuel Mora^{3,4} & Marco Barquero⁵.

¹Carrera de Turismo Ecológico, Recinto de Paraíso, Sede del Atlántico, Universidad de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

²Carrera de Turismo Ecológico, Recinto de Tacares, Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica, Alajuela, Costa Rica.

<https://orcid.org/0000-0003-1090-7792>

³Carrera de Gestión Ecoturística, Sede Central Universidad Técnica Nacional. Alajuela, Costa Rica.

⁴Department of Biology and Museum of Vertebrate Biology, Portland State University, Portland, Oregon 97207, USA.

<https://orcid.org/0000-0002-1200-1495>

⁵Sede del Caribe, Universidad de Costa Rica, Limón, Costa Rica. <https://orcid.org/0000-0002-5893-4231>

* Correspondence: josemora07@gmail.com

Received: 2023-08-04. Accepted: 2023-09-04. Published: 2023-09-21.

Editor: Adrian Leyte Manrique, México.

Resumen.— La información sobre el uso del hábitat de algunas especies de hílidos, como *Agalychnis annae*, es limitada. Esta especie se reproduce en estanques y requiere la presencia de plantas cerca de pequeños cuerpos de agua para tener una reproducción exitosa. El objetivo de esta investigación fue examinar los aspectos básicos del uso del hábitat de una población de *A. annae*. Estudiamos una población de esta especie en la laguna natural del Zoológico Nacional Simón Bolívar, San José, Costa Rica. Encontramos que los individuos prefieren diferentes tipos de perchas según la categoría de sexo/edad, observándose un mayor número de hembras adultas y juveniles en las hojas y más machos adultos en los tallos. La ubicación en el sustrato vegetal, así como la altura a la que se posaron los individuos de cada categoría de sexo/edad, fue similar. Encontramos una mayor proporción de individuos tanto juveniles como adultos en dos especies de gramíneas (*Cyperus involucratus* y *Coix lacryma-jobi*). Encontramos 65 masas de huevos en siete especies de plantas, pero la mayoría ubicadas en la gramínea *Coix lacryma-jobi* y el bambú *Rhipidocladum racemiflorum*. Es posible que *A. annae* elija la vegetación para la oviposición en función de su estructura en vez de su abundancia. De manera similar, el hallazgo de que las hembras prefieren las hojas a los tallos para ovopositar la puesta de huevos puede explicarse por el área de superficie y el soporte que ofrece una hoja en comparación con un tallo. Estos hallazgos proporcionan información valiosa sobre las preferencias de hábitat y la etología reproductiva de *A. annae*, por lo tanto, esta aportación puede contribuir a futuras estrategias de manejo y conservación para esta especie.

Palabras clave.— perchas, rana de cafetal, sustrato, Valle Central, Zoológico Simón Bolívar

Abstract.— Information regarding the habitat use of some hylid species, such as *Agalychnis annae*, is limited. This species breeds in ponds and requires the presence of plants near small bodies of water for successful reproduction. The aim of this research was to examine the basic aspects of habitat use in a population of *A. annae*. We studied a population of this species in the natural lagoon at the Simón Bolívar National Zoo, San José, Costa Rica. We found that individuals preferred different types of perches depending on their sex/age categories, with a higher number of adult and juvenile females observed on leaves and more adult males on stems. The location on the vegetative substrate and the height at which individuals perched for each sex/age category were similar. We found a higher proportion of both juvenile and adult individuals on two grass species (*Cyperus involucratus* and *Coix lacryma-jobi*). We found 65 egg masses on seven plant species, with the majority located on the grass *Coix lacryma-jobi* and the bamboo *Rhipidocladum*

racemiflorum. It is possible that *A. annae* selects vegetation for oviposition based on its structure rather than its abundance. Similarly, the finding that females prefer leaves over stems for egg deposition can be explained by the surface area and support offered by a leaf compared to a stem. These findings provide valuable information on habitat preferences and reproductive ethology of *A. annae*, and therefore contribute to future management and conservation strategies for this species.

Key Words. – Blue-sided Treefrog, Central Valley, perches, Simón Bolívar National Zoo, substrate

INTRODUCTION

Understanding the factors that influence population patterns and the parameters defining aspects of behavior, ecology, and genetics of animal populations is critically important in various areas of theoretical and applied biology (Arguedas et al., 2022). For example, habitat use is one of the fundamental parameters in the ecology and conservation of species. Descriptive data on habitat use by anurans have been generated for some tropical communities, including some recent analyses (e.g., Barroso de Andrade, 2019; Zumbado-Ulate et al., 2021; Komanduri et al., 2023). However, for many other communities, information on habitat use is scarce (Prado et al., 2005; Arguedas et al., 2022). Information on habitat use for several hylids, such as the Blue-sided Treefrog (*Agalychnis annae*), is limited, although significant progress has been made in understanding its distribution and reproductive aspects (Hidalgo-Mora et al., 2021; Arguedas et al., 2022).

Blue-sided Treefrog breeds in ponds, requiring the presence of plants near small water bodies for successful reproduction (Hoffmann, 2005). Plants are needed because eggs are oviposited on vegetation overhanging the water (IUCN SSC Amphibian Specialist Group & NatureServe, 2020). Although it was considered a Costa Rican endemic (Duellman, 1970; Savage, 2002), it was also recorded in the Cerro Colorado region in Panamá (Hertz et al., 2011).

In Costa Rica, the historical habitat of Blue-sided Treefrog covered the Central Valley and adjacent areas, particularly across the premontane region of the Central Mountain range and the premontane forest on the Pacific slope of the Talamanca Mountain range (IUCN SSC Amphibian Specialist Group & NatureServe, 2020; Arguedas, 2018). During the 1980s and 1990s, *A. annae* experienced a decline throughout its entire range, encompassing protected areas and other well-conserved lands (Kubicki, 2004). Like other highland frog species in Costa Rica, this one has lost significant portions of its natural habitat (Pounds & Puschendorf, 2004; Hoffmann, 2006). However, *A. annae* seems to have undergone a recovery in the majority of its historical range and has been observed in previously unknown

regions, notably in urban areas (IUCN SSC Amphibian Specialist Group & NatureServe, 2020; Hidalgo-Mora et al., 2021; Zumbado-Ulate et al., 2021; Arguedas et al., 2022).

The potential factors contributing to the declines in a high number of anurans have been documented (Blaustein & Wake, 1995; Lips, 1998, 1999; Kiesecker et al., 2001; Pounds et al., 2006; Carrasco et al., 2021; Valdez et al., 2021). However, the understanding of the possible causes or factors behind these declines is not sufficient, and more information is needed on basic aspects, such as habitat use by anurans like *A. annae*, to determine the causes that have led to their decline.

The objective of this research was to examine the basic aspects of habitat use by *A. annae*, analyzing factors such as substrate preference, perch location, and types of perches used for reproductive activities. This information aims to generate key ecological insights about *A. annae*, which are understudied or unknown at this time and may contribute to future management plans and conservation strategies for the species.

MATERIALS AND METHODS

The study consisted of 53 samplings carried out at intervals of one to two weeks, between August 2007 and December 2008, from 18:00 h to 23:00 h. The study was conducted on a population of *Agalychnis annae* located at a small but natural lagoon of the Simón Bolívar National Zoo (SBNZ), in Barrio Amón, San José, Costa Rica (9° 56' 18.58" N, 84° 04' 23.06" W; 1,147 m a.s.l.; Fig.1). This area has a climate regime with a dry season from December to March and a rainy season from May to October; April and November are transitional months (Herrera, 2016). The average annual temperature for the area during the sampling period was 21.2°C, while the annual precipitation was 1730 mm.

The SBNZ lagoon has an area of approximately 1300 m² and a maximum depth of 2.5 m. The vegetation around the lagoon is principally composed of herbaceous plants such as *Cyperus involucratus* (Cyperaceae), *Coix lacryma-jobi*

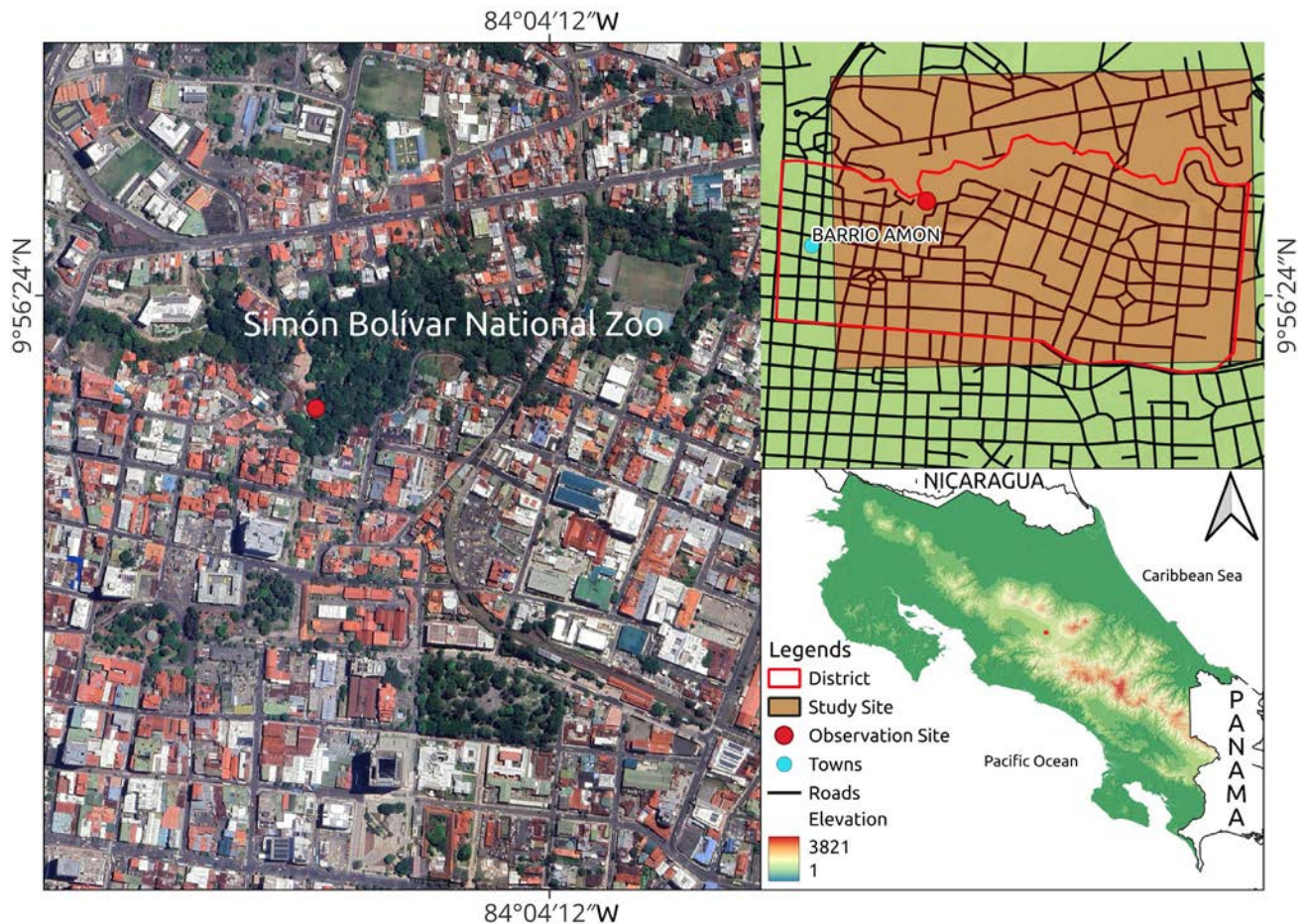


Figura 1. Ubicación de la laguna del Zoológico Nacional Simón Bolívar, San José, Costa Rica. Mapa por G. Chaves.

Figure 1. Location of the lagoon of the Simón Bolívar National Zoo, San José, Costa Rica. Map by G. Chaves.

(Poaceae), *Rhipidocladum racemiflorum* (Poaceae), *Calathea lutea* (Marantaceae), and *Molinieria capitulata* (Amaryllidaceae). Additionally, there are some tree and palm species such as *Eupatorium* sp. (Asteraceae), *Schinus terebinthifolia* (Anacardiaceae), and the palm (Arecaceae) *Chamaedorea costaricana* (Arguedas et al., 2022). The fauna species recorded in the lagoon includes three species of fish (*Poecilia reticulata*, *Poecilia gillii*, and *Xiphophorus hellerii*), three species of turtles (*Kinosternon scorpioides*, *Rhinoclemys pulcherrima*, and *Trachemys grayi*), Spectacled Caiman (*Caiman crocodylus*), Muscovy Duck (*Cairina moschata*), and some arthropods such as spiders, dragonflies, and cockroaches, among others. Among the mentioned fauna species, only the arthropods and the two species of *Poecilia* are native to the lagoon (Arguedas et al., 2022).

Agalychnis annae is the exclusive anuran inhabiting the SBNZ lagoon. It is a nocturnal and arboreal species, distinguished by

its uniform blue sides and yellowish-orange eyes. Adult males typically measure 57–74 mm in snout-to-vent length (SVL), while adult females range from 67–84 mm (Duellman, 1963; Savage, 2002). This species is predominantly found in pre-montane regions and rainforests situated at elevations ranging from 600 to 1650 m a.s.l. (IUCN SSC Amphibian Specialist Group & NatureServe, 2020). However, it has also been observed in disturbed areas like coffee plantations, vacant lots, and gardens within urban locations (Hoffmann, 2005; Kubicki, 2004; Hidalgo-Mora et al., 2021; Arguedas et al., 2022).

The breeding behavior of female *A. annae* is not well-known, but their presence at breeding ponds leads to increased male competition for mating (Kubicki, 2004). Male frogs primarily call during the rainy season, although reproductive activity can occur year-round in nonseasonal habitats. During amplexus, males embrace females on vegetation located 3–10 m above the

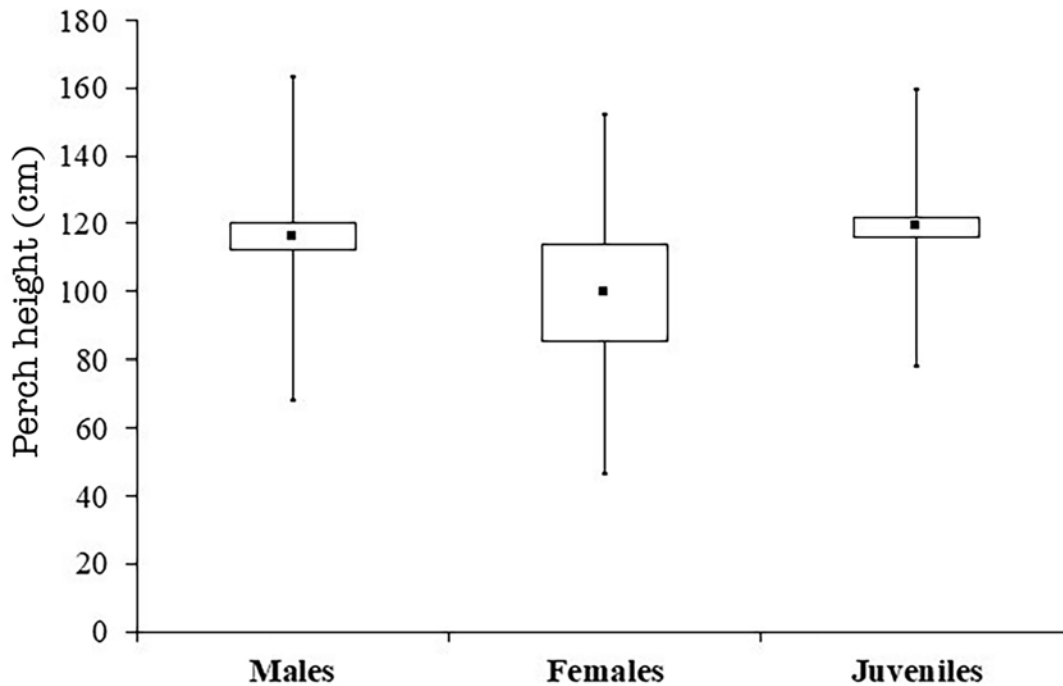


Figura 2. Promedio de altura a la cual perchan los individuos de *Agalychnis annae* según las categorías de sexo/edad en el Zoológico Nacional Simón Bolívar, San José, Costa Rica. Las cajas corresponden a $\pm$ Error Estándar, y las líneas a $\pm$ Desviación Estándar.

Figure 2. Average height at which individuals of *Agalychnis annae* perch according to sex/age categories in the lagoon of Simón Bolívar Zoo, Costa Rica. The boxes correspond to $\pm$ Standard Error, and the lines to $\pm$ Standard Deviation.

ground, and gelatinous egg masses, each containing 45–126 eggs, are deposited on surrounding vegetation, especially on leaves, near standing water bodies (Duellman, 1963; Kubicki, 2004; Savage, 2002). After 5–7 days, hatchlings emerge, and they undergo metamorphosis over a period of 247 days, reaching a size of 20–23 mm as juveniles (Duellman, 1963).

During each sampling, we either walked or boated along the edges of the lagoon, capturing and placing each observed individual into a bag for tagging, except for juvenile individuals. Each adult frog captured was hand-caught and marked with a visible implant alphanumeric tag of 1.5×3.5 mm (Northwest Marine Technology®), injected in the posterior thigh area (Arguedas et al., 2022). The use of this marking method has been on the rise in amphibian research, and it has demonstrated favorable outcomes, as reported by Heard et al. in 2008. The procedures for implantation and sterilization were carried out in accordance with the protocols outlined by Heard et al. (2008). We documented the sex/age categories (adult male, adult female, juvenile) and measured the SVL using a ruler to the nearest

0.5 mm for each individual. Additionally, for the purposes of this research, we recorded the perch data for each individual, including the type of perch (stem, leaf, or branch), location (over water or land), and height, measured with a 2 m tape measure. We also recorded the activity that each individual was engaged in at the time of observation, e.g., calling, amplexus, silent.

During each sampling, we marked and counted egg masses with a topographic tape for later location and identification. We collected the following data for each egg mass: the type of perch it was placed on (stem, leaf, or branch), its position (over water or land), and the height of the oviposition site, measured with a 2 m tape measure. Additionally, we determined the presence of predation in the egg masses through direct observations.

We obtained the climatic variables data from the meteorological station of Barrio Aranjuez, from the National Meteorological Institute, which is located approximately 1 km away from the study area. These variables were: daily precipitation, daily relative humidity, and average daily

temperature.

We compared habitat use (perch type and location) among sex/age categories using Chi-square tests (χ^2). Additionally, we performed an Analysis of Variance (ANOVA) to compare the height at which males, females, and juvenile individuals perched. We used Chi-square tests (χ^2) and G tests to determine the preference of females for perch type and location where their egg masses were located.

Furthermore, we analyzed the normality of the variables used in all parametric tests using Shapiro-Wilk and Jarque-Bera tests. We

logarithmically transformed variables that did not follow a normal distribution with base 10. We performed all statistical analyses using the PAST (Hammer et al., 2001) and SYSTAT 11 programs

RESULTS

Individuals were found to prefer different types of perches based on sex/age categories, with a higher number of adult females and juveniles observed on leaves, and more adult males observed on stems ($\chi^2 = 64.54$, $df = 4$, $P < 0.001$, Table 1). The location on the substrate for individuals of each sex/age categories was similar,

Table 1. Tipo de percha y sustrato usado por individuos de *Agalychnis annae*, según las categorías de sexo/edad, en la laguna del Zoológico Nacional Simón Bolívar, San José, Costa Rica.

Table 1. Type of perch and substrate used by individuals of *Agalychnis annae*, according to sex/age categories, in the lagoon of Simón Bolívar Zoo, San José, Costa Rica.

	Males	Females	Juveniles	Total
Perch type				
Leaf	48	9	155	212
Branch	16	1	2	19
Stem	79	4	50	133
Others	0	0	2	2
Substrate				
Over water	120	13	159	292
Over ground	23	1	50	74
Total	143	14	209	366

Table 2. Especies de plantas usadas como percha por individuos de *Agalychnis annae* según las categorías de sexo/edad en la laguna del Zoológico Nacional Simón Bolívar, San José, Costa Rica.

Table 2. Plant species used as perches by individuals of *Agalychnis annae* according to sex/age categories in the lagoon of Simón Bolívar Zoo, San José, Costa Rica.

Species	Cover (%)	Categories (sex / age)			Total
		Adult Females	Adult Males	Juveniles	
<i>Calathea lutea</i>	2.84	2	3	1	6
<i>Chamaedorea costaricana</i>	10.29	1	8	5	14
<i>Coix lacryma-jobi</i>	13.36	2	26	47	75
<i>Cyperus involucratus</i>	26.06	2	33	129	164
<i>Eupatorium</i> sp.	5.42	0	10	2	12
<i>Molineria capitulata</i>	12.79	3	13	1	17
<i>Rhipidocladum racemiflorum</i>	20.74	2	25	5	32
Others	8.49	2	25	19	46
Total	100	14	143	209	366

as they were mostly located over water ($\chi^2= 4.78$, $df= 2$, $P= 0.092$, Table 1). The height at which males, females, and juvenile individuals perched was also similar ($F_{2,363}= 1.34$, $P= 0.262$, Fig. 2).

We identified seven plant species as perching sites for the Blue-sided Treefrog (Table 2), with *Cyperus involucratus*, *Rhipidocladum racemiflorum*, and *Coix lacryma-jobi* occupying the highest percentage of coverage. Additionally, we observed some individuals on unidentified perches, such as vines, creepers, dry branches, fallen trunks, and a tree of the Asteraceae family (Table 2). Overall, we found a higher proportion of both juvenile individuals ($\chi^2= 198.25$, $df= 7$, $P< 0.001$) and adult individuals ($\chi^2= 22.50$, $df= 7$, $P< 0.002$) on the sedge *Cyperus involucratus* and the grass *Coix lacryma-jobi* (Table 2).

We found 65 egg masses of the Blue-sided Treefrog on seven plant species, with the majority located on the grass *Coix lacryma-jobi* and the bamboo *Rhipidocladum racemiflorum* ($G= 52.69$, $df= 7$, $P< 0.001$, Table 3). Additionally, egg masses were almost exclusively found on leaves, with only eight cases found on stems ($\chi^2= 36.94$, $df= 1$, $P< 0.001$). Egg masses found on leaves were mostly located on the upper side of the leaves ($\chi^2= 16.86$, $df= 1$, $P< 0.001$, Table 3). All egg masses were found over water, except for one on land. The average height at which these egg masses were located was 98.35 cm (SE= 4.5) based on 65 egg masses.

DISCUSSION

Regarding *A. annae* males 'preferences for stems, it is possible this type of perch provides more support than leaves, as the latter represent less solid surfaces that do not provide the necessary support for male reproductive activity. Males of this frog species spend several hours in the lagoon, so it is important for them to be located on firm structures that allow them to maintain their calling activity during this period of time.

As for juvenile individuals, being lighter, they can perch on leaves. Also, the fact that all individuals preferred perching over water is in accordance with the behavior observed in members of the genus *Agalychnis* (Savage, 2002). Adult individuals of this genus gather in sites with stagnant water during the reproductive season, so it is expected that the majority of individuals use this type of perches (Savage, 2002; Hoffmann, 2005).

The perch height among sex/age categories was similar (Fig. 2). In other *Agalychnis* species, it has been determined that adult individuals perch higher than juvenile individuals (Donnelly & Guyer, 1994). This can be explained by the fact that adults need to dedicate more time to reproductive activities and thus need to be more exposed, while juvenile individuals spend more time in low vegetation, perhaps for protection from predators. Both adult and juvenile individuals used perches at a similar height, which could be explained in several ways. For example, predation pressure at the study site may not be intense enough to cause juvenile individuals to seek less exposure at low vegetation, or food availability for both adult and juvenile individuals may be

Tabla 3. Especies de plantas usadas como percha para ovopositor por las hembras de *Agalychnis annae* en la laguna del Zoológico Nacional Simón Bolívar, San José, Costa Rica.

Table 3. Plant species used as perches for nesting by females of *Agalychnis annae* in the lagoon of Simón Bolívar Zoo, San Jose, Costa Rica.

Species	Cover (%)	Perch			Total
		Leaf surface		Stem	
		Abaxial	Adaxial		
<i>Calathea lutea</i>	2.84	1	1	0	2
<i>Chamaedorea costaricana</i>	10.29	0	1	0	1
<i>Coix lacryma-jobi</i>	13.36	5	21	0	26
<i>Cyperus involucratus</i>	26.06	0	5	0	5
<i>Eupatorium</i> sp.	5.42	2	2	0	4
<i>Molineria capitulata</i>	12.79	2	0	0	2
<i>Rhipidocladum racemiflorum</i>	20.74	2	11	8	21
Others	8.49	1	3	0	4
Total	100	13	44	8	65

found at a certain height. Although it is true that the number of natural predators in the SBNZ is low due to its urban location, there are domestic cats in the area that may pose a threat to this natural frog population (López de Buen, 1995), something that has not been studied.

Both adult and juvenile individuals of *A. annae* were mainly found on the sedge *Cyperus involucratus* (Table 2), perhaps because it is the species with the highest coverage area in the lagoon. However, it is interesting that the second plant species, the grass *Coix lacryma-jobi*, showed a higher number of adult and juvenile individuals despite having a lower coverage percentage compared to other plant species in the lagoon, where the number of individuals of both age categories was lower, especially in the case of juvenile individuals (Table 2). This observation suggests a potential structural or location preference by *A. annae* individuals for the grass *Coix lacryma-jobi*.

Regarding egg masses, most were located on leaves of the grass *Coix lacryma-jobi* and the bamboo *Rhipidocladum racemiflorum* (Table 3). This could be because the area of the leaves of *C. lacryma-jobi* is relatively large, providing a larger surface area for placement of egg masses. Although bamboo leaves are small, they are closely grouped, so like *C. lacryma-jobi*, they also provide a large surface area.

The results obtained indicate that *A. annae* may choose vegetation for oviposition based on its structure rather than its abundance. For instance, even though the species with the highest coverage percentage (*C. involucratus*) barely had 7% of egg masses on it, *C. lacryma-jobi*, whose coverage percentage is lower, had 40% of egg masses located on it (Table 3). Similarly, the finding that females prefer leaves over stems for placing eggs can be explained by the surface area and support that a leaf offers compared to a stem. Similar to the findings of Kubicki (2004) also on *A. annae*, we found that this species showed a preference for placing its eggs on the upper side of leaves at the SBNZ (Table 3). Perhaps this choice is due to the fact that in this part of the leaf, eggs are more exposed to rain, which could facilitate the larvae falling more easily into the water during the hatching process.

Finally, we found that *A. annae* placed its eggs between 8 and 214 cm in height above the water surface. When comparing these heights with those mentioned by other authors (e.g., Savage, 2002; Hoffmann, 2005) for the same species, which range between 35 and 350 cm, it was determined that both the minimum and maximum values are lower in our study. Gómez-Mestre et al. (2008) determined that at very low heights, the risk of an egg mass being covered by natural fluctuations in water

level increases, promoting premature hatching. Therefore, the range of heights where egg masses were found could generate plasticity in hatching times.

In the case of this population and the one studied by Hoffmann (2005), the absence of egg predators may be prolonging the hatching time. It is worth noting that although the study lagoon is natural, it shares certain similarities with the study site sampled by Hoffmann (2005). Both cases involve lagoons or ponds surrounded by urban environments. On the other hand, the data from Savage (2002) and Kubicki (2004) may come from observations made in more natural and pristine environments, where egg masses could potentially be more exposed to native predators, leading to accelerated hatching time.

Acknowledgments.— G. Chaves (Cachí) kindly prepared the map of Fig. 1. One anonymous reviewer provided great input for language and content. We acknowledge F. Bolaños and G. Ávalos (UCR), and Y. Matamoros (Fundazoo) for their support to conduct this research. JMM acknowledges the time and academic support provided by Emilce Rivera, Department head, Carrera de Gestión Ecoturística, Universidad Técnica Nacional, Alajuela, Costa Rica.

CITED LITERATURE

- Arguedas Porras, V. 2018. Parque Zoológico y Jardín Botánico Simón Bolívar El Hogar de La Rana Cafetalera *Agalychnis annae*; Editorial Sobrevuelo, San José, Costa Rica.
- Arguedas, V., M.D. Barquero & J.M. Mora. 2022. Population structure and dynamics, breeding activity and phenology of the blue-sided treefrog (*Agalychnis annae*). *Biotropica* 54:455-466.
- Barroso de Andrade, E., J.R. de Souza Almeida Leite & L.N. Weber. 2019. Composition, phenology, and habitat use of anurans in a Cerrado remnant in Northeastern Brazil. *Herpetological Conservation and Biology* 14:546-559.
- Blaustein, A.R. & D.B. Wake. 1995. The puzzle of declining amphibian populations. *Scientific American* 272:52-57.
- Carrasco, G.H., M.B. de Souza & L.R. de Souza Santos. 2021. Effect of multiple stressors and population decline of frogs. *Environmental Science and Pollution Research* 28:59519-59527.
- Donnelly, M.A. & C. Guyer. 1994. Patterns of reproduction and habitat use in an assemblage of neotropical hyliid frogs. *Oecologia* 98:291-302.



- Duellman, W.E. 1963. A new species of tree frog, genus *Phyllomedusa*, from Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 11:1-23.
- Duellman, W.E. 1970. The Hylid frogs of Middle America. Monograph of the Museum of Natural History, University of Kansas, USA.
- Gómez-Mestre, I., J.J. Wiens & K.M. Warkentin. 2008. Evolution of adaptive plasticity: risk-sensitive hatching in Neotropical leaf-breeding treefrogs. *Ecological Monographs* 78:205-224.
- Hammer, Ø., D.A.T. Harper & P.D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*. 9 p.
- Heard, G.W., M.P., Scroggie & B. Malone. 2008. Visible Implant Alphanumeric tags as an alternative to toe-clipping for marking amphibians—a case study. *Wildlife Research* 35:747-759.
- Herrera, W. 2016. Climate of Costa Rica. Pp. 19-29. In M. Kappelle (Ed.), *Costa Rican Ecosystems*. The University of Chicago Press, Illinois, USA.
- Hertz, A., S. Lotzkat, L. Stadler, N. Hamad, A. Carrizo & G. Köhler. 2011. Noteworthy records of amphibians from Western Panama. *Herpetological Review* 42:245-250.
- Hidalgo-Mora, E., A. Valverde-Castillo & J.G. Alvarado. 2021. Range extension of the Blue-Sided Leaf Frog, *Agalychnis annae* (Anura: Hylidae): Using citizen science across suburban areas in Costa Rica. *Reptiles & Amphibians* 28:264-267.
- Hoffmann, H. 2005. Some ecological notes on *Agalychnis annae* (Anura: Hylidae). *Brenesia* 65:73-77.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group & NatureServe. 2020. *Agalychnis annae*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T55288A158518518. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T55288A158518518.en>. (Accessed on July 2023).
- Kiesecker, J.M., A.R. Blaustein & L.K. Belden. 2001. Complex causes of amphibian population declines. *Nature* 410:681-684.
- Komanduri, K. P. K., G. Sreedharan & K. Vasudevan. 2023. Abundance and composition of forest-dwelling anurans in cashew plantations in a tropical semi-evergreen forest landscape. *Biotropica* 55:594-604.
- Kubicki, B. 2004. *Ranas de Hoja de Costa Rica. Leaf-frogs of Costa Rica*. Editorial INBio, Heredia, Costa Rica.
- Lips, K.R. 1998. Decline of a tropical montane amphibian fauna. *Conservation Biology* 12:106-117.
- Lips, K.R. 1999. Mass mortality of the anuran fauna at an upland site in Panama. *Conservation Biology* 13:117-125.
- López de Buen, L. 1995. Gatos domésticos cimarrones (*Felis catus*) en un área urbana de Costa Rica: esterilización, actividad, áreas de acción y hábitos alimentarios. M.S. Thesis. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Pounds, J.A. & R. Puschendorf. 2004. Clouded futures. *Nature* 427:107-109.
- Pounds, J.A., M.R. Bustamante, L.A. Coloma, J.A. Consuegra, M.P.L. Fogden, P.N. Foster, E. La Marca, K.L. Masters, A. Merino-Viteri, R. Puschendorf, S.R. Ron, G.A. Sánchez-Azofeifa, C.J. Still & B.E. Young. 2006. Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature* 439:161-167.
- Prado, C.P.A., M. Uetanabaro & C.F.B. Haddad. 2005. Breeding activity patterns, reproductive modes, and habitat use by anurans (Amphibia) in a seasonal environment in the Pantanal, Brazil. *Amphibia-Reptilia* 26:211-221.
- Savage, J.M. 2002. *The Amphibians and Reptiles of Costa Rica: A Herpetofauna between Two Continents, between Two Seas*. The University of Chicago Press, Illinois, USA.
- Valdez, J.W., J. Gould & J.I. Garnham. 2021. Global assessment of artificial habitat use by amphibian species. *Biological Conservation* 257:109129.
- Zumbado-Ulate, H., C.L., Searle, G. Chaves, V. Acosta-Chaves, A. Shepack, S. Salazar & A. García-Rodríguez. 2021. Assessing suitable habitats for treefrog species after previous declines in Costa Rica. *Diversity* 13:577.



RANGE EXTENSION OF *MICRURUS SANGILENSIS* NICÉFORO MARÍA, 1942 (SQUAMATA: ELAPIDAE) IN THE DEPARTMENT OF CASANARE, COLOMBIA

EXTENSIÓN DEL RANGO DE DISTRIBUCIÓN DE *MICRURUS SANGILENSIS* NICÉFORO MARÍA, 1942 (SQUAMATA: ELAPIDAE) EN EL DEPARTAMENTO DE CASANARE, COLOMBIA

Ronald A. Díaz-Flórez^{1*} & Alexandra Montoya-Cruz^{2,3}

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

²Grupo de investigación Morfología y Ecología Evolutiva. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

³Laboratory of Adaptations to Extreme Environments and Global Change Biology. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología. Bogotá, Colombia.

*Correspondence: ronalddias_10@hotmail.com

Received: 2023-08-09. Accepted: 2023-09-10. Published: 2023-09-22.

Editor: Teddy Angarita Sierra, Colombia.

Micrurus sangilens is a threatened coral snake endemic to Colombia, distributed in the eastern cordillera in the departments of Cundinamarca, Boyacá and Santander (Roze, 1996, Campbell & Lamar, 2004; Caicedo-Portilla & Lynch, 2015). Here, we present the first record of *M. sangilens* in the department of Casanare, which is the easternmost known record for the species.

Colombia: Casanare: Municipality of La Salina (6.131625° N, 72.33841° W, WGS84, 1,543 m a.s.l. July 1944; Fig. 1), collected by Nicéforo-María. One male individual deposited in the collection of the Museo de La Salle, Bogota (MLS-ofi 1585; Fig. 2). Specimen identification was performed following the original description by Nicéforo-María (1942) and Caicedo-Portilla & Lynch (2015): total length 322 mm, snout-vent length 277 mm, tail length 45 mm,

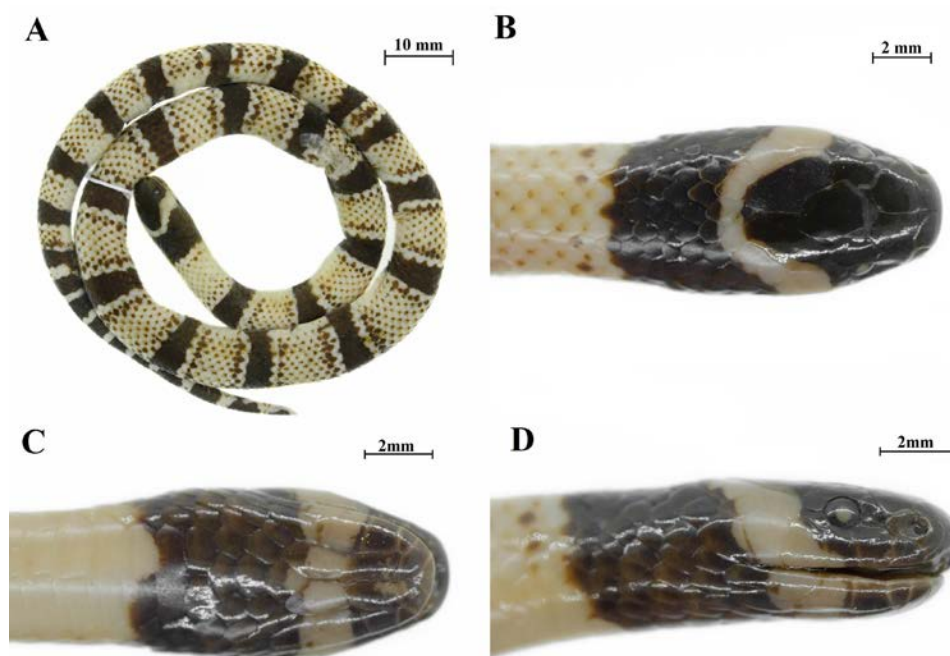


Figura 1. *Micrurus sangilens* MLS-ofi 1585 de Casanare, Colombia. **A:** Vista general del dorso. **B-D:** Vista dorsal, ventral y lateral de la cabeza.

Figure 1. *Micrurus sangilens* MLS-ofi 1585 from Casanare, Colombia. **A:** General dorsal view. **B-D:** Dorsal, ventral and lateral view of the head.

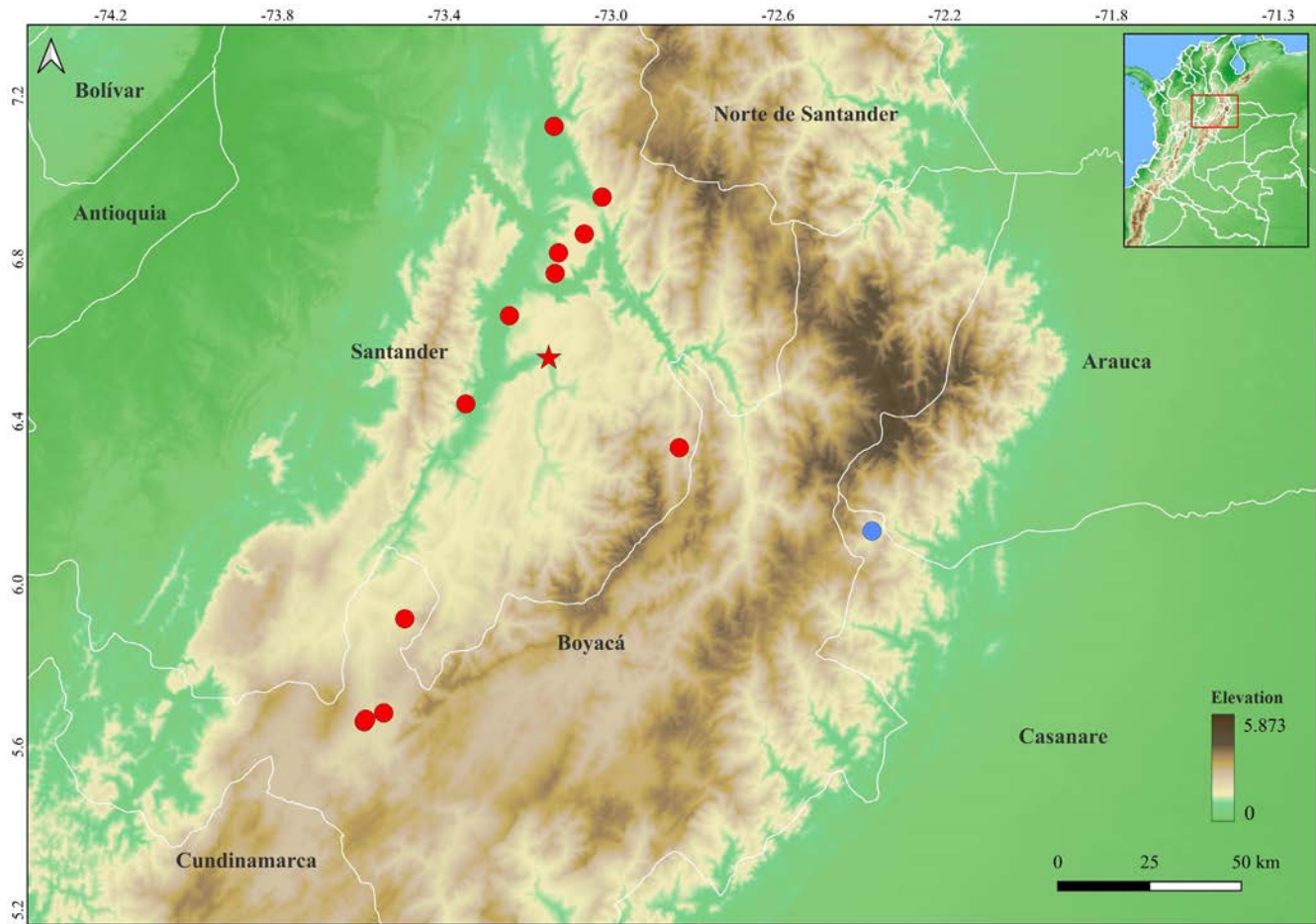


Figura 2. Mapa de distribución de *Micrurus sangilensis* en Colombia. Los puntos rojos indican los registros previos en los departamentos de Boyacá y Santander. La estrella roja indica la localidad tipo. El punto azul indica la nueva localidad en Casanare.

Figure 2. Distribution map of *Micrurus sangilensis* in Colombia. Red dots indicate previous records of the species in the departments Boyaca and Santander. The red star indicates the type locality. Blue dot indicates new locality in the department of Casanare.

cranial length 12 mm, 190 ventral scales (188-213), 46 subcaudals (33-53), temporal 1+2/1+1 (1+1-2), 22 triads of black rings on the body (16-22), 10 black rings on the tail (5-10). This record extends the distribution range about 57 km west from the nearest known locality, and more than 90 km from the type locality.

Acknowledgements.– RADF thanks Julieth Cárdenas of the Museo de La Salle, for allowing and providing access to the material in the collection.

CITED LITERATURE

Caicedo-Portilla, J.R. & J.D. Lynch. 2015. *Micrurus sangilensis* Nicéforo-María 1942. Pp. 106-108. En Morales-Betancourt,

M.A., C.A. Lasso, V.P. Páez & B.C. Bock. Libro Rojo de Reptiles de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Universidad de Antioquia. Bogotá, D. C., Colombia.

Campbell, J.A. & W.W. Lamar. 2004. The Venomous Reptiles of the Western Hemisphere. Ithaca, New York, USA, ComstockPublishing/Cornell University Press.

Nicéforo-María, H. 1942. Los ofidios de Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas 5:84-101.

Roze, A.J. 1996. Coral Snakes of the Americas: Biology, Identification and Venoms. Malabar: Kreiger Publishing.



STAUROTYPUS TRIPORCATUS (MEXICAN GIANT MUSK TURTLE) PISCIVORY ON PTERYGOPLICHTHYS PARDALIS (SAILFIN CATFISH), AN INVASIVE FISH IN SOUTHERN QUINTANA ROO, MEXICO/NORTHERN ORANGE WALK, BELIZE

PISCIVORÍA DE STAUROTYPUS TRIPORCATUS (TORTUGA TRES LOMOS) SOBRE PTERYGOPLICHTHYS PARDALIS (PEZ DIABLO), UN PEZ INVASOR EN EL SUR DE QUINTANA ROO, MEXICO/NORTE DE ORANGE WALK, BELIZE

Víctor H. González-Sánchez¹, Jethro E. Aguilar-Rosales² & Lizbeth E. Lara-Sánchez³.

¹Universidad Autónoma del estado de Quintana Roo (UQROO) campus Cozumel. Avenida Andrés Quintana Roo s/n, esq. calle 110 Sur. Col. Maravilla, C.P. 77600 Cozumel, Quintana Roo, Mexico.

²Datos Personales

³El Colegio de la Frontera Sur, Av. Centenario km 5.5, CP 77014, Chetumal, Quintana Roo.

*Correspondence: biologovhgs@gmail.com

Received: 2023-08-03. Accepted: 2023-08-29. Published: 2023-09-22.

Editor: Rodrigo Macip Ríos, México.

Abstract.— The Mexican Giant Musk Turtle (*Staurotypus triporcatus*) inhabits in freshwater slow stream systems in various regions of southeastern Mexico, Guatemala, and Belize (Orange Walk). While primarily a durophagus species, preying on shelled or hard organisms, its diet typically consists of aquatic invertebrates, especially mollusks. However, it occasionally exhibits piscivorous habits. In this note, we document an event of piscivory by the Mexican Giant Musk Turtle, specifically targeting the invasive Sailfin Catfish (*Pterygoplichthys pardalis*) and discuss the potential ecological implications of this behavior.

Key words.— Devil fish, invasive species, Rio Hondo.

Resumen.— La tortuga de tres lomos (*Staurotypus triporcatus*) es un habitante frecuente de los sistemas de corrientes lentas de agua dulce en varias regiones de Centroamérica, incluido México, Guatemala y Belice (Orange Walk). Es principalmente una especie durofaga, es decir, que se alimenta de organismos duros o con caparazón, por lo que su dieta generalmente consiste en invertebrados acuáticos, especialmente moluscos y ocasionalmente presenta hábitos piscívoros. En este texto, documentamos un caso de piscivoría de la tortuga tres lomos sobre ejemplares de pez diablo (*Pterygoplichthys pardalis*) y discutimos las posibles implicaciones ecológicas de esta conducta.

Palabras clave.— Pez diablo, especie invasora, Río Hondo.

The Mexican giant musk turtle (*Staurotypus triporcatus*) is a well-known inhabitant of freshwater slow stream systems, such as rivers, lakes, and ponds, found from central Veracruz, Mexico, through Tabasco, to the base of the Mexican Yucatán Peninsula, the Chimalapas region in Oaxaca, and northeast of Chiapas, including the Peten region in Guatemala, Belize, and eastern Honduras (Köhler, 2008; González-Sánchez et al., 2017).

By its morphological characteristics, such as strong and sharp jaws and a powerful bite, this species is considered to have a durophagus diet, adapted to feed on shelled or hard prey, but

also slow-moving organisms (Herrel et al., 2002). The diet of the species in the Yucatan Peninsula is primarily composed of a diverse variety of aquatic invertebrates, especially mollusks, but sometimes includes vertebrates, such mud turtles, (genus *Kinosternon*, Díaz-Gamboa et al., 2020). In a previous study on the diet of the Mexican giant musk turtle in Belize, this turtle can be considered a “specialist,” feeding almost exclusively on snails and other turtles, with occasional consumption of other organisms and rarely fish (Moll, 1990). Voght & Guzmán-Guzmán (1988) documented that *S. triporcatus* feed primarily on fruits, seeds, and mollusks, but also fishes (but they do not

state the species) in Los Tuxtlas, México. This indicates that *S. triporcatus*, while specialized on feeding on hard food items, it also preys opportunistically on what is available.

The Sailfin catfish (*Pterygoplichthys pardalis*) belongs to the family of armored catfishes (Siluriformes: Loricariidae), also known in Mexico as “peces diablo” (Devil fish). It is an invasive species native to the Amazon basin. Its presence in the Rio Hondo Basin, on the Mexican/Belizean border was detected in 2013. It

likely arrived due to anomalous strong pluvial precipitations that might have provided this fish an escape from Petén Itzá Lake, Guatemala, where this fish has been present since 2004, or from the San Pedro River in the North of Guatemala, where it arrived in 2005 (Hernández-Gómez & Schmitter-Soto, 2020).

In January of 2019, during a survey near the locality of Rancho la Flor Amarilla (17 17.9733° N, 89 89.0011° W; WGS84), near La Unión, southern Quintana Roo, we observed local



Figura 1. Un bagre vela (*Pterygoplichthys pardalis*) que muestra evidencia de depredación, indicativa de una mordedura infligida por *Staurotypus triporcatus*.

Figure 1. A Sailfin Catfish (*Pterygoplichthys pardalis*) displaying evidence of predation, indicative of a bite inflicted by *Staurotypus triporcatus*.



Figura 2. La porción superior de un bagre vela (*Pterygoplichthys pardalis*) que todavía estaba atrapado en las mandíbulas de *Staurotypus triporcatus* en el momento de la captura.

Figure 2. The upper portion of a Sailfin Catfish (*Pterygoplichthys pardalis*) that was still ensnared in the *Staurotypus triporcatus* jaws at the time of capture.

fishermen withdrawing their fishing nets. Several armored catfishes were trapped in the net, and some of them showed clear signs of having been eaten. Additionally, a Mexican giant musk turtle was found in the net while still gripping half of the armored catfish in its jaws. This direct observation confirms several informal reports of the “tortuga de tres lomos” preying on “pez diablo” by local inhabitants in the Rio Hondo Basin. Nevertheless, confirmation of predation on armored catfishes occurs actively or are mainly opportunistic events is still needed. This is an important finding, as it is well-known that one of the primary advantages for invasive species when arriving in novel habitats is a lack of natural predators (González-Sánchez et al., 2021). Prior to this observation, it was unknown whether any of the local species in the Rio Hondo area could or would prey on these introduced armored catfish. Although it is possible that other species, such as Morelet's crocodile (*Crocodylus moreletii*), the Neotropical river otter (*Lontra longicaudis*), southern blue catfish (*Ictalurus meridionalis*), and the olivaceous cormorant (*Phalacrocorax brasilianus*) could also do so.

While we are concerned that in the following years, the expansion and population growth of the armored catfish population in the Rio Hondo basin will lead to severe ecological deterioration, our finding suggest that the Mexican Giant musk turtle may be able to survive the colonization of an invasive fish species, since armored catfish fish could serve as an alternative food source for *S. triporcatus*.

LITERATURA CITADA

- Amador-Del Ángel, L.E. & A.T. Wakida-Kusunoki. 2014. Peces invasores en el sureste de México. pp. 425-433. In R.E. Mendoza & P. Koleff (Eds.). *Especies Acuáticas Invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Díaz-Gamboa L., May-Herrera D., A. Gallardo-Torres, R. Cedeño-Vázquez, V.H. González-Sánchez, X. Chiappa-Carrara, & C. Yáñez-Arenas. 2020. Catálogo de reptiles de la Península de Yucatán. Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES). Merida, México.
- González-Sánchez, V.H., Johnson, J., García-Padilla, E., Mata-Silva, V., DeSantis, D., & L.D. Wilson. 2017. The herpetofauna of the Mexican Yucatan Peninsula: composition, distribution, and conservation. *Mesoamerican Herpetology* 4:264-380.
- González-Sánchez, V.H., J.D. Johnson, D. González-Solís, L.A. Fucsko, & L.D. Wilson. 2021. A review of the introduced herpetofauna of Mexico and Central America, with comments on the effects of invasive species and biosecurity methodology. *ZooKeys* 1022:79-154.
- Hernández-Gómez, G. & J.J. Schmitter-Soto. 2020. Aspectos reproductivos del pez diablo (*Pterygoplichthys pardalis*) en el río Hondo, México/Belice. *AvuCient* 8:112-117.
- Herrel, A., J.C. O'Reilly & A.M. Richmond. 2002. Evolution of bite performance in turtles. *Journal of Evolutionary Biology* 15:1083-1094.
- Köhler, G. 2008. *Reptiles of Central America*, 2nd edition. Herpeton Verlag Elke Kohler, Frankfurt, Germany.
- López-Vila, J.M., M.E. Valdéz-Moreno, J.J. Schmitter-Soto, M. Mendoza-Carranza & R.L. Herrera-Pavón. 2014. Composición y estructura de la ictiofauna del Río Hondo, México-Belice, con base en el uso del arpón. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:866-874.
- Moll, M.D. 1990. Population sizes and foraging ecology in a tropical freshwater stream turtle community. *Journal of Herpetology* 24:48-53.
- Schmitter-Soto, J.J., M.E. Valdez-Moreno & R.L. Herrera. 2014. Evaluación del riesgo de invasión de pez diablo (*Pterygoplichthys sp.*) desde el Río Bravo, Belice, hasta el cauce principal del río Hondo, México. *El Colegio de la Frontera Sur*. México.
- Vogt, R.C. & S. Guzmán-Guzmán. 1988. Food partitioning in a neotropical freshwater turtle community. *Copeia* 1988: 37-47.



ERITRISMO EN LA CULEBRA LISTONADA DE MONTAÑA COLA CORTA, *THAMNOPHIS SCALIGER* (COLUBRIDAE), EN EL ESTADO DE MÉXICO

ERYTHRISM IN THE SHORT-TAIL ALPINE GARTER SNAKE, *THAMNOPHIS SCALIGER* (COLUBRIDAE), IN THE STATE OF MEXICO

Irving Yahan Rojas-Velasco¹, Liliana G. Tovar², S. Alberto Díaz-Parra² & J. Carlos Alvarado-Avilés^{1*}

¹Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx), Km. 15.5 Carretera Toluca-Ixtlahuaca, Toluca, Estado de México, CP 50200, México.

²PIMVS Nuevos Diaz, Calle M. Flores #114, Colonia Izcalli IPIEM, Toluca, Estado de México, CP 50150, México.

*Correspondence: jalvaradoa@uaemex.mx

Received: 2023-08-20. Accepted: 2023-09-11. Published: 2023-09-27.

Editor: Norberto Martínez-Méndez, México.

Abstract.– Erythrism is an aberrant coloration that is rare in snakes and is characterized by the individuals showing reddish pigmentation in several regions of the body. In this note, we report a case of erythrism in the snake *Thamnophis scaliger* in the vicinity of Sierra Morelos State Park, Mexico.

Key words.– Color anomaly, aberrant colorations, phaeomelanin, Sierra Morelos state park.

Resumen.– El eritrisismo es una coloración aberrante descrita como rara en serpientes y caracterizada porque los individuos presentan una pigmentación rojiza en varias regiones del cuerpo. En esta nota reportamos un caso de eritrisismo en la serpiente *Thamnophis scaliger* en los alrededores del Parque Estatal Sierra Morelos, México.

Palabras clave.– Anomalía de color, coloraciones aberrantes, feomelanina, parque estatal Sierra Morelos.

La amplia gama de coloraciones reportadas en serpientes se ha asociado principalmente a señales de advertencia, camuflaje, mimetismo y como un modulador durante el proceso de termorregulación (Bittner et al., 2002; Sander et al., 2006; Borteiro et al., 2021). Asimismo, ha servido como fuente de variación de caracteres para decisiones taxonómicas (Gilhen, 2010; Mooi et al., 2011; Lattanzio & Buontempo, 2021). Se ha demostrado que dicha variación subyace en la cantidad y combinación de pigmentos en los cromatóforos, así como su distribución en el tegumento del individuo, además de que su expresión depende de factores como el genotipo, estado ontogenético, sexo o época de reproducción (Moore & Ouellet, 2014; Mačát et al., 2016; Borteiro et al., 2021).

Recientemente se ha reportado una serie de anomalías en las coloraciones habituales en diferentes especies de serpientes, a las que se les han denominado como coloraciones aberrantes (*sensu* Borteiro et al., 2021), dentro de las cuales se ha descrito el albinismo, leucismo, melanismo, amelanismo, axantismo,

hypomelanismo, piedbaldismo y eritrisismo (Mačát et al., 2016; Sánchez-Castro & Gómez-Sánchez, 2022).

En este trabajo documentamos un caso de eritrisismo en la culebra listonada de montaña cola corta, *Thamnophis scaliger*. El 4 de julio de 2023, aproximadamente a las 18:00 hrs se observó un ejemplar de *T. scaliger* en la periferia del Parque Estatal Sierra Morelos (PESM) en el municipio de Toluca, Estado de México (19° 18' 24.7" N, 99° 41' 59.0" W; WGS84; 2,710 m.s.n.m.). Al examinar con detenimiento al ejemplar (LHC = 230 mm) fue evidente que su coloración no era habitual, determinándose que presentaba eritrisismo. Finalmente, el organismo fue fotografiado y posteriormente liberado.

Thamnophis scaliger es una culebra inofensiva que se distribuye ampliamente en el Valle de Toluca. Su coloración dorsal habitual va desde tonalidades olivo a café oscuro con una línea vertebral media amarilla o crema (Fig. 1). En la región lateral se encuentra una línea de color amarillo sobre la segunda hilera de escamas



Figure 1. Olive (A) and dark brown (B) habitual colorations observed in *Thamnophis scaliger* from PESM. Photos: A: Irving Yahan Rojas-Velasco, *in situ*; B: Liliana G. Tovar, *in situ*.

Figura 1. Coloraciones habituales olivo (A) y café oscuro (B) observadas en *Thamnophis scaliger* del PESM. Fotos A: Irving Yahan Rojas-Velasco, *in situ*; B: Liliana G. Tovar, *in situ*.

dorsales. La región ventral generalmente es de color blanco, crema o amarillo (Ramírez-Bautista et al., 2009; Balderas-Valdivia et al., 2014). Por su parte, la serpiente hallada en las inmediaciones del PESM presentaba una mezcla de tonalidades dorsales naranja y rojizas que se extendían hacia el borde de las escamas paravertebrales, ventrales, supralabiales, infralabiales y postoculares (Fig. 2A); la línea vertebral media era de un color rojizo brillante (Fig. 2B).

El eritrismo es considerada una coloración aberrante poco frecuente en serpientes que presenta diversos grados de intensidad (Mačát et al., 2016; Borteiro et al., 2021) y que ha sido

documentada de manera anecdótica en especies de serpientes como *Coronella austriaca* (Mačát et al., 2016) y *Natrix natrix* (Jablonski et al., 2022), así como en algunas especies del género *Thamnophis*, como en *T. scalaris* (Hidalgo-Licon et al., 2023) y *T. sirtalis* (Gilgen, 2010). Específicamente el eritrismo es causado por el aumento de feomelanina, lo que les otorga a los individuos una pigmentación rojiza en diversas regiones del cuerpo (Moore & Ouellet, 2014; Hidalgo-Licon et al., 2023).

La evidencia sugiere que este hallazgo no representa el primer registro de eritrismo en *T. scaliger*. Por medio de una búsqueda en el portal iNaturalist (<https://www.inaturalist>.



Figure 2. Lateral view (A) and mid vertebral line (B) of *Thamnophis scaliger* with erythrm. Photos A: S. Alberto Díaz-Parra, *in situ*; B: Irving Yahan Rojas-Velasco, *in situ*.

Figura 2. Vista lateral (A) y línea vertebral media (B) de *Thamnophis scaliger* con eritrismo. Fotos A: S. Alberto Díaz-Parra, *in situ*; B: Irving Yahan Rojas-Velasco, *in situ*.

org), se encontraron dos registros fotográficos adicionales que también sugieren eritrismo en *T. scalaris*; sorprendentemente, ambos coincidían en ser geográficamente cercanos al PESM. El primer registro (disponible en: <https://www.naturalista.mx/observations/4473482>) se encuentra aproximadamente a 0.68 km del individuo aquí reportado, mientras que el segundo (disponible en: <https://www.naturalista.mx/observations/45604830>) se encuentra a unos 1.43 km. Es evidente que existe una variación en el grado de intensidad de eritrismo entre los registros, sin embargo, el color rojizo intenso de la línea vertebral media es una característica que comparten los tres individuos.

Algunas explicaciones sobre el eritrismo en vertebrados se relacionan con el aposematismo y el mimetismo batesiano (Gotmark, 1994; Cassell & Jones, 2005). Esto ha sido comprobado en la salamandra *Plethodon cinereus*, donde se observó que las aves evitan consumir selectivamente a los individuos eritríticos y prefieren a los que presentan una coloración habitual (Tilley et al., 1982). De igual forma, se ha documentado que en algunas poblaciones de *T. sirtalis* hay mayor predominancia de hembras con eritrismo en comparación con machos (Mooi et al., 2011), aunque los datos impiden concluir que sea a consecuencia de un proceso de dimorfismo sexual.

Desafortunadamente, hasta el momento no existe evidencia contundente que soporte que el eritrismo dependa de algún factor biótico o abiótico, que represente una ventaja para la adecuación de los organismos o, bien, que esté asociado a condiciones de dimorfismo sexual en las poblaciones. En este sentido, futuros estudios en la población de *Thamnophis scalaris* del PESM pueden ayudar a identificar los factores que promueven el eritrismo en serpientes y evaluar si esta coloración aberrante depende de alguna condición genética, reproductiva o ambiental en las serpientes del género *Thamnophis* en México.

Agradecimientos.— A los revisores anónimos por sus valiosos comentarios.

LITERATURA CITADA

- Balderas-Valdivia, C.J., J.F. Mendoza-Santos & A. Alvarado-Zink. 2014. Guía de Anfibios y Reptiles. Divulgación de la Ciencia y Educación Ambiental Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Dirección General de Divulgación de la Ciencia, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Bittner, T.D., R.B. King & J.M. Kerfin. 2002. Effects of body size and melanism on the thermal biology of garter snakes (*Thamnophis sirtalis*). *Copeia* 2002:477-482.
- Borteiro, C., A.D. Abegg, F.H. Oda, D. Cardozo, F. Kolenc, I. Etchandy, I. Bisaiz, C. Prigioni & D. Baldo. 2021. Aberrant colourations in wild snakes: case study in Neotropical taxa and a review of terminology. *Salamandra* 57:124-138.
- Cassell, R.W. & M.P. Jones. 2005. Syntopic occurrence of the erythristic morph of *Plethodon cinereus* and *Notophtalmus viridescens* in Pennsylvania. *Northeastern Naturalist* 12:169-172.
- Gilhen, J. 2010. Erythrism in the maritime garter snake, *Thamnophis sirtalis pallidulus*, in Nova Scotia. *The Canadian Field-Naturalist* 124:99-103.
- Gotmark, F. 1994. Does a novel bright color patch increase or decrease predation? Red wings reduce predation risk in European blackbirds. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 256:83-87.
- Hidalgo-Licon, L.F., A.Y. Cisneros-Bernal, G. Medina-Rangel & C.A. Hernández-Jiménez. 2023. Erythrism in the Long-tailed Alpine Garter Snake, *Thamnophis scalaris* (Squamata: Colubridae), from Puebla and Tlaxcala, México. *Herpetology Notes* 16:175-177.
- Jablonski, D., B. Trapp, E. Tzoras & K. Mebert. 2022. Erythrism in the Eastern Grass Snake, *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758). *Herpetozoa* 35:213-217.
- Lattanzio, M.S. & M.J. Buontempo. 2021. Ecogeographic divergence linked to dorsal coloration in Eastern Hog-Nosed Snakes (*Heterodon platirhinos*). *Herpetologica* 77:134-145.
- Mačát, Z., D. Hegner & D. Jablonski. 2016. Erythrism in the smooth snake, *Coronella austriaca* (Laurenti, 1768), recorded from Georgia. *Russian Journal of Herpetology* 23:73-76.
- Mooi, R.D., J.P. Wiens & G.S. Casper. 2011. Extreme colour variation within populations of the Common Gartersnake, *Thamnophis sirtalis*, in central North America, with implications for subspecies status. *Copeia* 2011:187-200.
- Moore J.D. & M. Ouellet. 2014. A review of colour phenotypes of the Eastern Red-backed Salamander, *Plethodon cinereus*, in North America. *The Canadian Field-Naturalist* 128:250-259.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, U.O. García-Vázquez, A. Leyte-Manrique & L. Canseco-Márquez. 2009. Herpetofauna del Valle de México: Diversidad y Conservación. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México.

- Sánchez-Castro, S. & D.A. Gómez-Sánchez. 2022. A rare case of natural color aberration in the striped lightbulb lizard (*Riama striata*, Gymnophthalmidae) from the highlands of the eastern Andes of Colombia. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 5:5-8.
- Sanders, K.L., A. Malhotra & R.S. Thorpe. 2006. Evidence for a Müllerian mimetic radiation in Asian pitvipers. *Proceedings of The Royal Society B: Biological Sciences* 273:1135-1141.
- Tilley, S.G., B.L. Lundrigan & L.P. Brower. 1982. Erythrism and mimicry in the salamander *Plethodon cinereus*. *Herpetologica* 38:409-417.



FIRST INSULAR RECORD OF THE BLACK SPINY-TAILED IGUANA (*CTENOSAURA SIMILIS*) IN THE CAYS OF SIAN KA'AN, IN THE MEXICAN CARIBBEAN

PRIMER REGISTRO INSULAR DE LA IGUANA RAYADA NEGRA (*CTENOSAURA SIMILIS*) EN LOS CAYOS DE SIAN KA'AN, EN EL CARIBE MEXICANO

Víctor H. González-Sánchez¹ & Sarah Landeo-Yauri^{2*}

¹Universidad Autónoma del estado de Quintana Roo (UQROO) Campus Cozumel. Av Andres Q Roo s/n, Sin Nombre, 77600 San Miguel de Cozumel.

²Universidad Autónoma del estado de Quintana Roo (UQROO) Campus Chetumal. Blvd. Bahía s/n, Del Bosque, 77019 Chetumal, Quintana Roo, México.

*Correspondence: biologovhgs@gmail.com

Received: 2023-08-03. Accepted: 2023-09-13. Published: 2023-09-27.

Editor: Irene Goyenechea Mayer Goyenechea, México.

Ctenosaura similis, the Black Spiny-tailed Iguana, is a medium sized iguana (SVL = 275-350 mm) who is a very common inhabitant in the coastal regions of Middle America, ranging

from the region of Isthmus of Tehuantepec, until Panama. Its distribution area goes around the Yucatan Peninsula but,

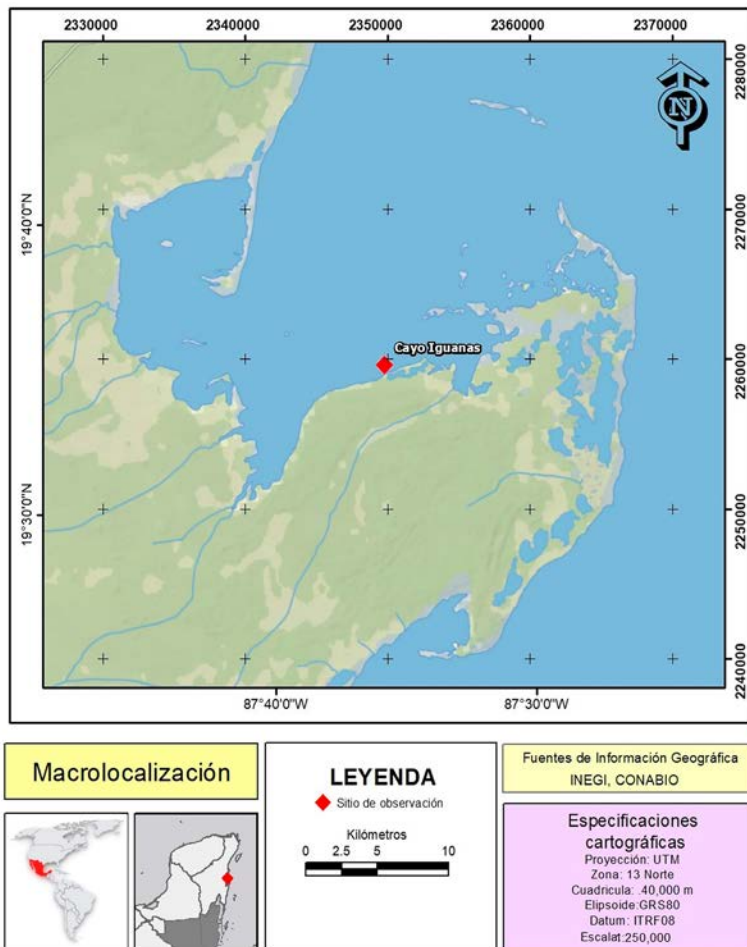


Figura 1. Ubicación de los cayos pequeños (rombo rojo) donde se observó la población de Iguana Negra de Cola Espinosa (*Ctenosaura similis*) en Bahía de Espíritu Santo, dentro de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México.

Figure 1. Location of the small cays (red diamond) where the population of Black spiny-tailed iguana (*Ctenosaura similis*) was observed at Bahía de Espíritu Santo, within Sian Ka'an Biosphere Reserve, Quintana Roo, Mexico.



Figura 2. Hembra de *Ctenosaura similis* tomando el sol sobre un tocón de palmera. Archivo de fotografía: SDSNH_HerpPC_05455. Foto: Sarah Landeo-Yauri

Figure 2. A *Ctenosaura similis* female basking on a palm tree stump. Photo voucher: SDSNH_HerpPC_05455. Photo: Sarah Landeo-Yauri.

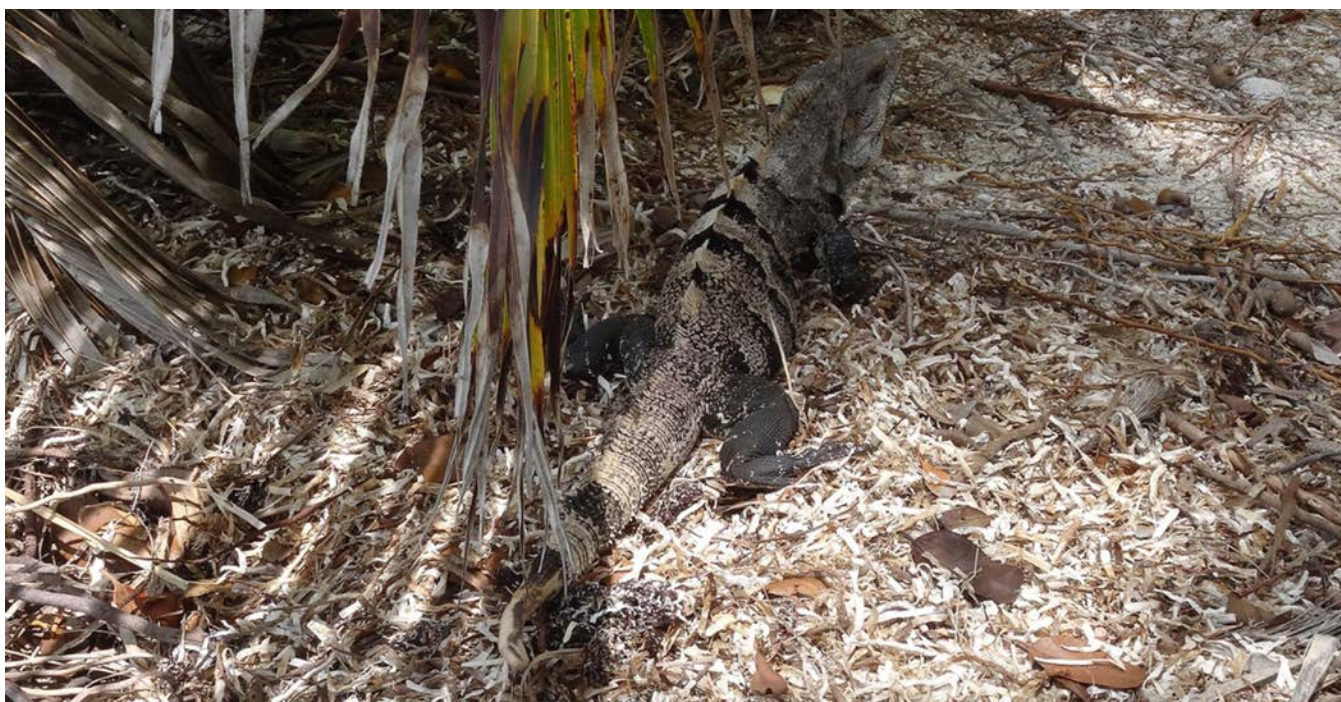


Figura 3. Macho de *Ctenosaura similis* forrajeando entre la vegetación. Archivo de fotografía: SDSNH_HerpPC_05456. Foto: Sarah Landeo-Yauri.

Figure 3. An adult male of *Ctenosaura similis* foraging among the vegetation. Photo voucher: SDSNH_HerpPC_05456. Photo: Sarah Landeo-Yauri.

apparently, shows a gap between the northern and southern populations within the peninsula (Díaz-Gamboa et al., 2020).

On August 23rd, 2019. We spotted nearly a dozen individuals of *C. similis* basking in sandy beaches of a series of cays located within the Bahía de la Ascension, inside the Sian Ka'an Biosphere Reserve, 26 km SSW of Punta Allen (municipality of Tulum, Quintana Roo), the most conspicuous of those islets is Cayo Iguanas (Fig. 1), a small cay around 0.42 km² (19.56333° N, 87.57449° W; WGS84). The individuals were active, sunning and foraging. According to local fishermen, the spiny tailed iguana is abundant in that cay (hence the toponymy) and nearby islets. The photographic evidence (Figs. 2 and 3) is vouchered in the San Diego Natural History Museum as follows: Landeo-Yauri, S. and V. H. González-Sánchez. Verified by Bradford Hollingsworth San Diego Society of Natural History, San Diego Natural History Museum (Photo vouchers: SDSNH_HerpPC_05455 and SDSNH_HerpPC_05456).

This lizard exhibits a wide distribution across the Yucatán Peninsula (Lee, 1996; Díaz-Gamboa et al., 2020) and is commonly found inhabiting various Mexican Caribbean islands such as Cozumel, Mujeres, Banco Chinchorro, and Contoy (González-Sánchez et al., 2017). Additionally, it can readily be spotted in the mainland of the Sian Ka'an Biosphere Reserve (Calderón-Mandujano et al., 2006). However, until this recent discovery, its presence on any island of the central coast of Quintana Roo remained unknown. This constitutes the second recorded instance of a reptile species inhabiting this specific region of the Mexican Caribbean, with only a single record of the Cuban anole (*Norops sagrei*) existing for Cayo Culebras (González-Sánchez et al., 2023). This finding helps bridge the gap in the known distribution records between the northern and southern coastal populations within the Mexican Caribbean.

The Black Spiny-tailed iguana is recognized for its adaptability and plasticity in adapting to new habitats (Díaz-Gamboa et al., 2020). Consequently, it is highly likely that this lizard may also be present on or potentially colonize other Sian Ka'an islands, such as Cayo Culebras in the Ascension Bay, or Isla Techal within the nearby Espiritu Santo Bay.

CITED LITERATURE

- Calderón-Mandujano, R.C. 2006. Anfibios y reptiles de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. Pp 311-326. In Ramírez-Bautista, A., L. Canseco-Márquez & F. Quijada-Mendoza (Eds.). Inventarios Herpetofaunísticos de México: Avances en el Conocimiento de su Biodiversidad. Sociedad Herpetológica Mexicana. Ciudad de México.
- Díaz-Gamboa L., May-Herrera D., A. Gallardo-Torres, R. Cedeño-Vázquez, V.H. González-Sánchez, X. Chiappa-Carrara & C. Yáñez-Arenas. 2020. Catálogo de Reptiles de la Península de Yucatán. Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES). Merida, México.
- González-Sánchez, V.H., J. Johnson, E. García-Padilla, V. Mata-Silva, D. DeSantis & L.D. Wilson. 2017. The herpetofauna of the Mexican Yucatan Peninsula: composition, distribution, and conservation. *Mesoamerican Herpetology* 4:264-380.
- González-Sánchez, V.H., J. Johnson, O. Frausto-Martínez, L.M. Mejía Ortiz, A. Pereira-Corona, M.D.P. Blanco-Parra, P. Charruau & C.A. Niño-Torres. 2023. The herpetofauna of the insular systems of Mexico. *Diversity* 15:921(1-151).
- Lee, J.C. 1996. The Amphibians and Reptiles of the Yucatán Peninsula. Cornell University Press, Ithaca, N.Y.



FIRST RECORD OF SCOLIOSIS IN THE WESTERN MARBLED WHIPTAIL, *ASPIDOSCELIS MARMORATUS* (BAIRD & GIRARD, 1852)

PRIMER REGISTRO DE ESCOLIOSIS EN EL HUICO MARMOREO, *ASPIDOSCELIS MARMORATUS* (BAIRD & GIRARD, 1852)

Arturo Rocha¹, Matthew Jimenez¹, Matthew Montoya¹ & Vicente Mata-Silva^{1*}

¹Department of Biological Sciences, The University of Texas at El Paso, El Paso, Texas 79968, USA.

*Correspondence: vmata@utep.edu

Received: 2023-08-21. Accepted: 2023-09-19. Published: 2023-09-27.

Editor: Irene Goyenechea Mayer-Goyenechea, México.

Resumen. – Reportamos el prime caso de escoliosis caudal en un macho adulto de *Aspidoscelis marmoratus* del extremo oeste de Texas, en el norte del Desierto Chihuahuense. Este registro representa el segundo taxón en el género *Aspidoscelis* donde esta condición ha sido documentada.

Palabras clave. – *Aspidoscelis*, Desierto Chihuahuense, escoliosis, Squamata.

Abstract. – We report the first case of caudal scoliosis in an adult male of *Aspidoscelis marmoratus* from far west Texas, in the northern Chihuahuan Desert. This record represents the second taxon in the genus *Aspidoscelis* where this condition has been documented.

Key words. – *Aspidoscelis*, Chihuahuan Desert, scoliosis, Squamata.

Tail malformations such as supernumerary tails have been documented in lizards of the genus *Aspidoscelis* (Bateman & Chung-MacCoubrey, 2013; Cordes & Walker, 2013; Heyborne et al., 2019; Trauth et al., 2014); however, less frequent are accounts regarding tails with scoliosis (lateral curves of the spine). Herein, we report caudal scoliosis on the Western Marbled Whiptail, *Aspidoscelis marmoratus*, a species commonly found in diverse habitats of the Chihuahuan Desert such as desert scrub, arroyos, alluvial flats, and distributed from southern New Mexico and western Texas to northern Mexico (Behler & King, 1979; Mata-Silva et al., 2010). This observation occurred at a site deployed with a set of 50 pit-fall traps surrounding the headquarters of The University of Texas at El Paso's (UTEP) Indio Mountains Research Station (30.782778° N, 105.015278° W; WGS 84), 1,233 m a.s.l.), in Hudspeth County, Texas. The landscape at the site is characterized by conglomerate rocky slopes and alluvial fans containing vegetation typical of Chihuahuan Desert scrub (Mata-Silva et al., 2013).

On 26 June 2021, a male *A. marmoratus* fell in one of the pit-fall traps (ID: 1-4) established as part of a long-term mark-recapture

study. Upon closer examination, we noticed that the regenerated portion of its tail had obvious symptoms of scoliosis (Fig. 1). The lizard (marked as 3-11) had a snout-vent length (SVL) of 86 mm, a tail length (TL) of 130 mm (regenerated portion = 65 mm), and a mass of 19.6 g.

The lizard was captured again on 10 July 2021, in the same pit-fall trap. This time, the individual had a SVL of 88 mm, a TL of 135 mm (regenerated portion = 70 mm), and a mass of 20.6 g. After being processed, we released the lizard at the site of capture. Based on the adult age of the individual, it can be assumed that this condition likely does not impact survival. However, the latter aspect remains poorly understood. Even though this project has been taking place for almost two decades, and several cases of bifurcated tails have been observed in this species (VMS pers. observ.), this is the first time that a case of scoliosis has been noticed in an individual (out of 988) of this population. So far, there is only one report of caudal scoliosis in the genus *Aspidoscelis*, particularly in an individual of *A. tigris* from Grand Canyon National Park, Arizona (Heyborne, 2021). Consequently, our observation herein represents the



Figura 1. Cola de un macho adulto de Huico Marmoreo (*Aspidocelis marmoratus*) con signos de escoliosis en Indio Mountains Research Station, Hudspeth Co., Texas.

Figure 1. Tail of an adult male specimen of the Western Marbled Whiptail (*Aspidocelis marmoratus*) exhibiting signs of scoliosis at Indio Mountains Research Station, Hudspeth Co., Texas.

first published documentation of scoliosis for *A. marmoratus*, and the second taxon in the genus *Aspidoscelis* exhibiting this condition. Scoliosis in reptiles can result from injury, calcium deficiency, malnutrition, or birth defect. This condition seems to be relatively common in captive animals (Doneley et al., 2018).

Acknowledgements.— Special thanks to the UTEP administration for providing special permission and travel support to IMRS during summer 2021. Funding was supported by UTEP University Research Institute and NSF DEB no. 1954418 awards to VMS. MJ was funded by an NSF REU grant awarded to M. Moody and J. D. Johnson. This study was approved by UTEP IACUC (A-201004-1) and Texas Parks and Wildlife (Scientific Permit SPR-0320-050 issued to VMS). Lastly, we thank two anonymous reviewers for the valuable comments that improved this publication.

CITED LITERATURE

- Baird, S.F. & C. Girard. 1852. Characteristics of some new reptiles in the Museum of the Smithsonian Institution, part 1. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia 6:125-129.
- Bateman, H.L. & A. Chung-MacCoubrey. 2013. Natural history notes. *Aspidoscelis exsanguis* (Chihuahuan Spotted Whiptail), *Aspidoscelis neomexicana* (New Mexico Whiptail), *Aspidoscelis uniparens* (Desert Grassland Whiptail). Herpetological Review 44:663.
- Behler, J.L. & F.W. King. 1979. Field Guide to Reptiles and Amphibians. Eighteen edition. Knoff, New York.
- Cordes, J.E. & J.M. Walker. 2013. Natural history notes. *Aspidoscelis velox* (Plateau Striped Whiptail). Herpetological Review 44:319
- Doneley, B., D. Monks, R. Johnson & B. Carmel. 2018. Reptile Medicine and Surgery in Clinical Practice. John Wiley & Sons Ltd, Hoboken, New Jersey.
- Heyborne, W.H., C.E. Gardner, I.W. Shipley & N.St. Andre. 2019. Natural history notes. *Aspidoscelis tigris septentrionalis* (Plateau Tiger Whiptail). Herpetological Review 50:569-570.
- Heyborne, W.H. 2021. Natural history notes. *Aspidoscelis tigris septentrionalis* (Plateau Tiger Whiptail). Herpetological Review 52: 402-403.
- Mata-Silva, V., A. Ramírez-Bautista & J.D. Johnson. 2010. Reproductive characteristics of two syntopic whiptail lizards, *Aspidoscelis marmorata* and *Aspidoscelis tessellata*, from the northern Chihuahuan Desert. The Southwestern Naturalist 55:125-129.
- Mata-Silva, V., J.D. Johnson & A. Ramírez-Bautista. 2013. Comparison of diets of two syntopic lizards, *Aspidoscelis marmorata* and *Aspidoscelis tessellata* (Teiidae), from the northern Chihuahuan Desert of Texas. The Southwestern Naturalist 58:209-215.
- Trauth, S.E., J.M. Walker & J.E. Cordes. 2014. Natural history notes. *Aspidoscelis sexlineata sexlineata* (Six-lined Racerunner). Herpetological Review 45:492-493.

