

PRIMER REPORTE DE ANOFTALMIA EN *ISTHMOHYLA GRACEAE* (MYERS & DUELLMAN, 1982) (ANURA: HYLIDAE) EN LA SERRANÍA DE TABASARÁ, COMARCA NGÄBE-BUGLÉ, PANAMÁ

FIRST REPORT OF ANOPHTHALMIA IN *ISTHMOHYLA GRACEAE* (MYERS & DUELLMAN, 1982) (ANURA: HYLIDAE) IN THE SERRANÍA DE TABASARÁ, NGÄBE-BUGLÉ REGION, PANAMA

ROGER A. MORALES-FLORES^{1,2}, KATHERINE MUÑOZ-AROSEMENA^{3*}, REINALDO. X. PÉREZ G.³ & JORGE L. MEDINA-MADRID^{3,4}

¹Fundación Los Naturalistas, P.O. Box 0426-01459 David, Chiriquí, Panamá.

²Red Mesoamericana y del Caribe para la Conservación de Anfibios y Reptiles (Red-MesoHerp).

³Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Escuela de Biología, Panamá, República de Panamá.

⁴Smithsonian Tropical Research Institute, Apartado Postal 0843-03092, Panama, Republic of Panama.

*Correspondence: lachesismuta94@gmail.com

Received: 2021-01-06. Accepted: 2021-06-24.

Editor: Leticia Ochoa-Ochoa, México.

Abstract.— Here, we report an *in situ* observation of an ocular malformation known as anophthalmia (absent eye) in the continental treefrog *Isthmohyla graceae*, an endemic and critically endangered species from the Serranía de Tabasará, Ngäbe-Buglé region, Panama, in March 2020. This note documents the first reported malformation in Panama and the first record for the genus in Central America, mentioning that this type of case may be due to different factors.

Keywords.— Anophthalmia, mountain range, ocular malformation, continental divide tree frog, endemic frog.

Resumen.— Aquí reportamos una observación *in situ* de una malformación ocular conocida como anoftalmia (ojo ausente) en la rana arborícola continental, *Isthmohyla graceae*, especie endémica y en peligro crítico de extinción en la serranía de Tabasará, Comarca Ngäbe-Buglé, Panamá, en marzo 2020. Esta nota documenta la malformación como la primera reportada en Panamá y primer registro para el género en Centroamérica, mencionando que este tipo de casos puede deberse a distintos factores.

Palabras clave.— Anoftalmia, cordillera, malformación ocular, rana arborícola continental, rana endémica.

La anoftalmia es conocida como una malformación ocular que es relativamente común en poblaciones naturales de anuros (Meteyer, 2000; Peloso, 2016; Silva-Soares & Mônico, 2017; Cortés-Suárez, 2018). La malformación se reconoce por la ausencia de uno o los dos globos oculares, dejando una depresión de la órbita vacía cubierta por piel (Ganesh & Arumugam, 2015; Henle et al., 2017). La ausencia del órgano visual es altamente perjudicial y puede poner en peligro la supervivencia, ya que el órgano faltante impacta negativamente en la percepción espacial (por ejemplo, orientación, profundidad), la evitación ante la depredación y la competencia por la comida (Ingle, 1976; Ramalho et al., 2017). La anoftalmia también puede afectar el cortejo y la territorialidad, ya que estos comportamientos pueden estar muy influenciados por la visión (Toledo et al., 2007).

Se ha informado de anoftalmia en distintas familias de ranas (Anura): Bufonidae (Rengel et al., 1994; Puky & Fodor, 2002; Rogers et al., 2006; Toledo & Ribeiro, 2009; Guerra & Aráoz, 2016; Ashaharaza & Mahapatra, 2020; Castro-Torreblanca & Blancas-Calva, 2021); Hylidae (McCallum & Trauth, 2003; Mitchell & Georgel, 2005; Ramalho et al., 2017; Sousa & Costa-Campos, 2017; Brassaloti & Bertoluci, 2018; Cortés-Suárez, 2018; Sánchez-Domene et al., 2018; Anzaldúa & Goldberg, 2019); Leptodactylidae (Carezzano et al., 2016; Guerra & Aráoz, 2016; Ascoli-Morrete et al., 2019; Pedroso-Santos et al., 2020); Ranidae (Mizgireuv et al., 1984; Ouellet et al., 1997; Helgen et al., 2000; Puky & Fodor, 2002; Eaton-Poole et al., 2003; Levey et al., 2003; Schoff et al., 2003; Gibson & Bulmer, 2007; Reeves et al., 2008; Hassine et al., 2011; Paetow et al., 2011; Holer & Koleska, 2018;

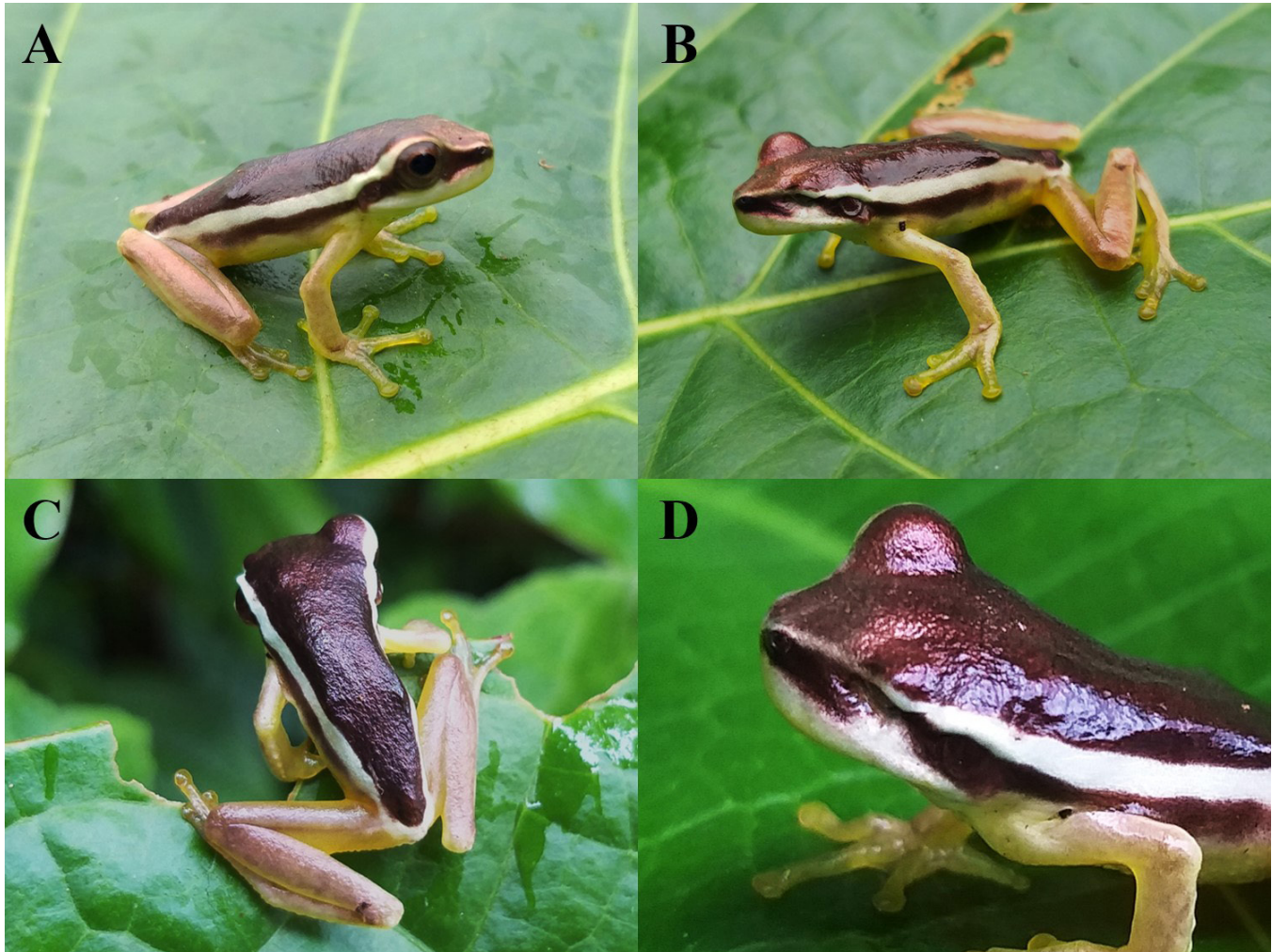


Figure 1. (A) Right lateral view showing normal eye, (B) left lateral view showing ocular abnormality, (C) dorsal view showing the comparison between both eyes, (D) and approach of the face in the adult individual of *Isthmohyla graceae* with anophthalmia in the left eye showing the continuity of the dorso lateral line to the nostrils; registered in Cerro Colorado in the Ngäbe-Buglé region, Panama.

Figura 1. (A) Vista lateral derecha mostrando el ojo normal, (B) vista lateral izquierda mostrando la anomalía ocular, (C) vista dorsal mostrando la comparación entre ambos ojos, (D) y acercamiento del rostro en el individuo adulto de *Isthmohyla graceae* con anoftalmia en el ojo izquierdo mostrando la continuidad de la línea dorso lateral hasta las narinas; registrado en Cerro Colorado en la comarca Ngäbe-Buglé, Panamá.

Marushchak et al., 2019); Bombinatoridae (Puky & Fodor, 2002; Korzikov et al., 2018; Szkudlarek, 2020); Brachycephalidae (Trevine, 2011); Odontophrynidae (Brito et al., 2011; Dias & Carvalho-e-Silva, 2012; Ascoli-Morrete et al., 2019; de Souza et al. 2021); Microhylidae (Mudke et al., 2020); Dicroglossidae (Mudke et al., 2020) y Pelobatidae (Puky & Fodor, 2002; Székely & Nemes, 2003). Las causas de la anoftalmia son diversas y pueden estar relacionadas con alteraciones genéticas (Aguillón-Gutiérrez, 2018; Correia et al., 2018), enfermedades infecciosas (Aguillón-Gutiérrez et al., 2007), radiación ultravioleta (Blaustein et al., 1997; Blaustein & Johnson, 2003; Ankley et al., 2004), la

endogamia (Williams et al., 2008), el parasitismo (Johnson et al., 2002; Blaustein & Johnson, 2003; Johnson & Lunde, 2005; Rajakaruna et al., 2008), metales pesados (Aguillón-Gutiérrez & Ramírez-Bautista, 2015) y plaguicidas utilizados en agricultura (Blaustein & Johnson, 2003; Ankley et al., 2004; Hayes, 2005; Hayes et al., 2006; Robles-Mendoza et al., 2009; Huang et al., 2014; Koleska & Jablonski, 2016).

Los informes publicados que describen malformaciones oculares en ranas son relativamente raros. Sin embargo, en áreas neotropicales, específicamente en la familia Hylidae, los

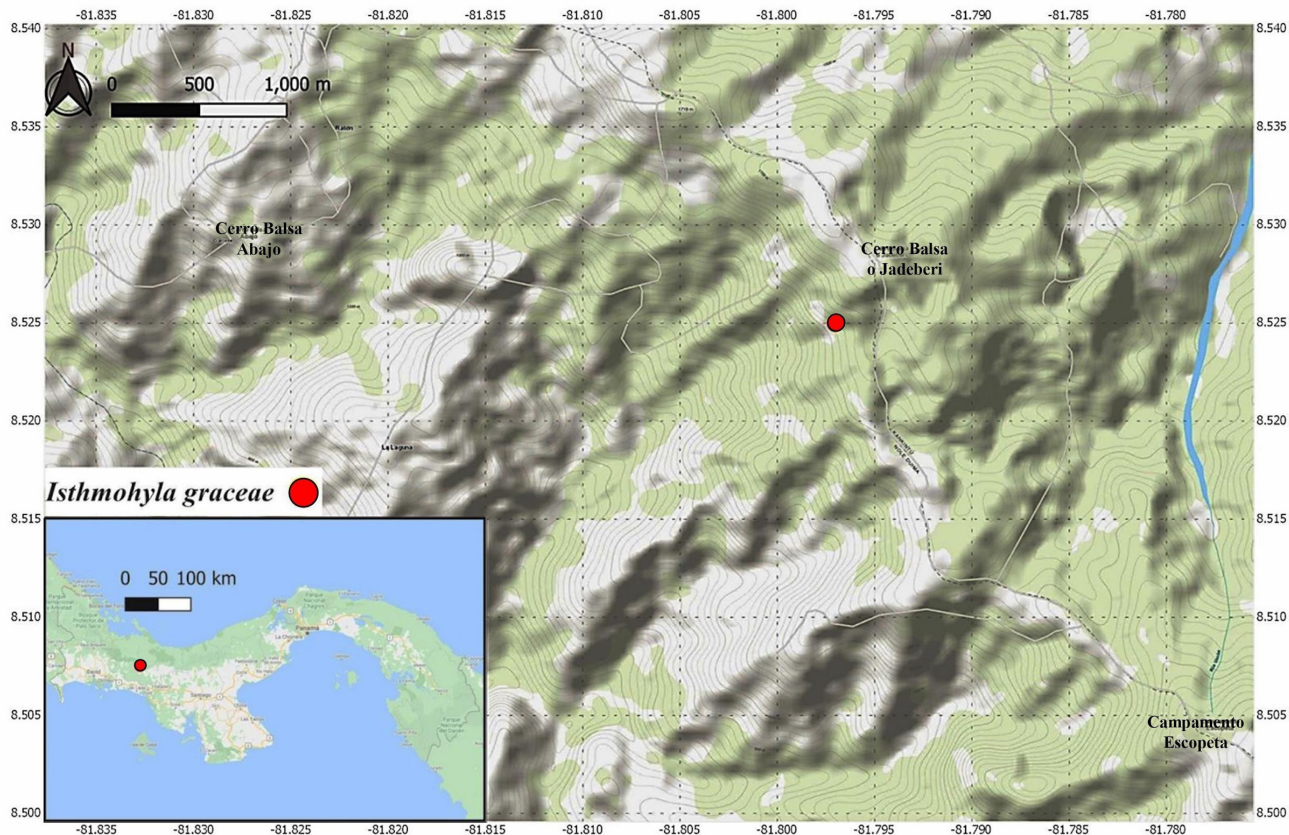


Figure 2. Site of observation of the individual of *Isthmohyla gracieae* with anophthalmia in Cerro Colorado, Ngäbe-Buglé, Republic of Panama.
Figura 2. Sitio de observación del individuo de *Isthmohyla gracieae* con anoftalmia en Cerro Colorado, Ngäbe-Buglé, República de Panamá.

Table 1. Representatives of the Hylidae family with the condition and type of anophthalmia present in countries of America, pointing out the case of *Isthmohyla gracieae* as the first record for Panama and Central America on this ocular anomaly.

Tabla 1. Representantes de la familia Hylidae con la condición y el tipo de anoftalmia presentes en países de América, señalando el caso de *Isthmohyla gracieae* como primer registro para Panamá y Centroamérica sobre esta anomalía ocular.

Especies	Etapas de vida	Tipo	Países	Referencias
<i>Acris crepitans</i>	?	?	USA	McCallum y Traut (2003)
<i>Boana faber</i>	Ad	b	Brasil	Brassaloti y Bertoluci (2018)
<i>Dendropsophus luddeckei</i>	Ad	u, oi	Colombia	Cortés-Suárez (2018)
<i>Hypsiboas fasciatus</i>	Ad	b	Brasil	Ramalho et al. (2017)
<i>Lysapsus bolivianus</i>	Ad	u, od	Brasil	Sousa y Costa-Campos (2017)
<i>Osteocephalus lepieurii</i>	Ad	b	Brasil	Ramalho et al. (2017)
<i>Osteopilus septentrionalis</i>	t	u, oi	USA	Anzaldúa y Goldberg (2019)
<i>Pseudacris feriarum</i>	Ad	u, oi	USA	Mitchell y Georgel (2004)
<i>Scinax fuscovarius</i>	t	u, oi	Brasil	Sánchez-Domene et al. (2018)
<i>Isthmohyla gracieae</i>	Ad	u, oi	Panamá	Este estudio

Abreviaturas: Adulto (Ad), renacuajo (t), unilateral (u), bilateral (b), ojo izquierdo (oi), ojo derecho (od), desconocido (?)



Figure 3. (A & C) view of the composition of the exact area of the forest, where the individual of *I. graceae* was found; (B) place in the camp where the site where the frog was located is indicated, on the side of the road to the community of Ratón in Cerro Colorado, Ngäbe-Buglé region, Panama.

Figura 3. (A & C) vista de la composición de la zona exacta del bosque, donde fue encontrado el individuo de *I. graceae*; (B) lugar del campamento donde se señala el sitio en el cual se ubicó la rana, a un costado del camino hacia la comunidad de Ratón en Cerro Colorado, Comarca Ngäbe-Buglé, Panamá.

informes son menos comunes (Tabla 1). Aquí presentamos el primer reporte de anoftalmia de ranas en Panamá. El individuo pertenece a la familia de las ranas arborícolas, Hylidae, y representa el primer caso documentado de anoftalmia en el género *Isthmohyla*. Identificamos la especie como *Isthmohyla graceae* (Myers & Duellman, 1982), basándonos en su característica de ser una especie de tamaño medio, con una franja dorsolateral pálida (blanca o amarillenta) que se extiende desde la esquina superior posterior de los ojos hasta el área sacra, distinguible de su especie hermana *Isthmohyla angustilineata*, por su línea dorsolateral más estrecha (una franja pronunciada en *I. graceae* y vientre immaculado), esta especie es endémica de Panamá y se encuentra en peligro crítico de extinción (Myers & Duellman, 1982; IUCN, 2014).

La rana fue encontrada cerca de la localidad tipo de la especie, en Cerro Colorado, región de la comarca Ngäbe-Buglé, el 8 de marzo de 2020 a las 11:24h. JLMM, investigador de la Colección de Aves del Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI), encontró solo un individuo adulto de *I. graceae*, con la ausencia de su ojo izquierdo (Fig. 1), la rana fue encontrada cerca del borde de una carretera (Figs. 2, 3) que rodea las estribaciones del Cerro Colorado (8.526° N, 81.797° W) alrededor de 1600 m s.n.m. Examinamos y fotografiamos cuidadosamente la muestra. Dado que la especie es endémica y está en peligro crítico, la rana fue liberada inmediatamente en el mismo lugar después de las observaciones.

Aunque documentar este hallazgo es de interés biológico, sólo podemos especular sobre la causa de la anoftalmia en este espécimen. Cabe señalar que el paisaje está cubierto principalmente por bosques prístinos premontanos y montanos (Fig. 3A, B), en lugar de granjas de alto impacto o asentamientos agrícolas, por lo tanto, dudamos que las poblaciones aquí estén muy expuestas a contaminantes dañinos, aunque no se puede excluir esta hipótesis. Alternativamente, la anoftalmia puede ser una malformación congénita resultante de la endogamia. Las poblaciones de Cerro Colorado son una de las pocas poblaciones conocidas de *I. graceae* que han persistido durante la introducción y diseminación del patógeno micótico *Batrachochytrium dendrobatidis*, también conocido como Bd (Hertz et al., 2012). Alguna vez se pensó que las poblaciones de la especie se distribuían a lo largo de la cordillera de Talamanca, que abarca alrededor de 15 991 km² según ANAM (2010), pero su distribución se ha reducido considerablemente después de la introducción del hongo patógeno (Lips, 1999).

La cordillera de Talamanca representa un importante sistema de cielo-islas en Panamá, donde el endemismo es alto (Cooke, 2005) y varios taxones así como ecosistemas son vulnerables (Lotzkat, 2014; Hertz, 2015; Buitrago-Rosas et al., 2019). Por lo tanto, documentar esta especie y reportar esta malformación es importante para la conservación de los ecosistemas de las tierras altas en Panamá. Las montañas de Cerro Colorado han estado bajo presión económica debido a sus recursos de cobre (Roquebert, 2016). Si se sobreexplota, todas las poblaciones de especies de las tierras altas de la zona, especialmente la rana arborícola continental *I. graceae*, estarán en condiciones de extrema vulnerabilidad y en un estado de conservación crítico.

Agradecimientos.— Primeramente, agradecer a Daniel Buitrago-Rosas por permitir la participación de Jorge L. Medina-Madrid como miembro del proyecto “*Divergence in the heights: exploring contemporary diversification in polymorphic montane hummingbirds of Central America*” el cual encontró y fotografió la especie de anuro; seguidamente al Lic. Oscar G. López Ch. y Pedro L. Castillo-Caballero por las fotografías del panorama y vegetación del área, al Ph.D. Abel Batista y Lic. Daniel Buitrago-Rosas por sus comentarios y sugerencias para la mejora de la nota.

LITERATURA CITADA

- Aguillón-Gutiérrez, D.R., D. Lazcano-Villarreal, R. Ramírez Romero, A. Aguirre-Ramos, J.J. Zarate-Ramos & A. Wong González. 2007. Bacterias cloacales y evaluación física de la herpetofauna del Parque Ecológico Chipinque. *Ciencia UANL* 10:168-174.
- Aguillón-Gutiérrez, D.R. & A. Ramírez-Bautista. 2015. Anomalías frecuentes en una población de *Hyla plicata* (Anura: Hylidae) expuesta a plomo y hierro durante el desarrollo postembrionario. *Biocyt: Biología, Ciencia y Tecnología* 8:515-529.
- Aguillón-Gutiérrez, D.R. 2018. Macroscopic anomalies in anuran larvae. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 1:8-21.
- Ankley, G.T., S.J. Degitz, S.A. Diamond & J.E. Tietge. 2004. Assessment of environmental stressors potentially responsible for malformations in North American anuran amphibians. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 58:7-16.
- Anzaldúa, S.P. & J. Goldberg. 2019. Hotspot of tadpole abnormality in suburban south-west Florida. *Herpetological Journal* 29:115-124.
- Ascoli-Morrete, T., E. Signor, M. Santos-Pereira & N. Zanella. 2019. Morphological abnormalities in anurans from southern Brazil. *Austral Ecology* 44:1025-1029.
- Ashaharrazza, K. & C. Mahapatra. 2020. Anophthalmia in a Common Asian Toad, *Duttaphrynus melanostictus* (Amphibia: Anura: Bufonidae), from the Eastern Ghats of India. *Reptiles & Amphibians* 27:44-45.
- Autoridad Nacional del Ambiente de Panamá. 2010. Atlas ambiental de la República de Panamá. Ciudad de Panamá: Editora Novo Art.
- Blaustein, A.R., J.M. Kiesecker, D.P. Chivers & R.G. Anthony. 1997. Ambient UV-B radiation causes deformities in amphibian embryos. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 94:13735-13737.
- Blaustein, A.R. & P.T.J. Johnson. 2003. The complexity of deformed amphibians. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1:87-94.
- Brassaloti, R.A. & J. Bertoluci. 2018. A case of bilateral anophthalmia in an adult *Boana faber* (Anura: Hylidae) from southeastern Brazil. *Phyllomedusa* 17:285-288.
- Brito, L., F. Aguiar & P. Cascon. 2011. *Odontophrynus carvalhoi* (Carvalho's escuerzo): Malformation. *Herpetological Bulletin* 118:38-40.
- Buitrago-Rosas, D., J.L. Medina-Madrid, P.L. Castillo-Caballero, J. Ortega, J.L. Garzón & J.J. Falk. 2019. Highland avian surveys in Cerro Hoya National Park (Azuero, Panamá) reveal new range

- extensions, including a rare hummingbird (*Selasphorus sp.*). *Ornitología Neotropical* 30:89-97.
- Carezzano, F., K. Dorfinger & S. Urquiza Bardone. 2016. Anoftalmia en *Leptodactylus latrans* (Steffen, 1815) (Anura: Leptodactylidae) de un agroecosistema de Argentina. *Revista Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 3:101-103.
- Castro-Torreblanca, M. & E. Blancas-Calva. 2021. Anophthalmia in a Juvenile Pine Toad, *Incilius occidentalis* (Anura: Bufonidae), from Laguna de Tixtla, Guerrero, Mexico. *Reptiles & Amphibians* 28:22-23.
- Cooke, R. 2005. Prehistory of native Americans on the Central American land bridge: Colonization, dispersal, and divergence. *Journal of Archaeological Research* 13:129-187.
- Correia, L.L., J.P.F.A. de Almeida, B.S. Lisboa & F.A. Nascimento. 2018. Brachydactyly in the toad *Rhinella granulosa* (Bufonidae) from the Caatinga of Brazil: a rare case with all limbs affected. *Herpetology Notes* 11:445-448.
- Cortés-Suárez, J.E. 2018. Anoftalmia en *Dendropsophus luddeckei* (Anura: Hylidae) en un agroecosistema pastoril de villa de Leyva, Colombia. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 1:53-54.
- de Souza, F.C., A.L.F. da Silva, C.S. dos Anjos, T.F. Estevinho, M. de Oliveira Lisboa & M. Menin. 2021. New records on morphological anomalies in anurans, with a review for Brazil. *Herpetology Notes* 14:31-41
- Días, P.H.S. & A.M.P.T. Carvalho-e-Silva. 2012. Records of abnormalities in *Proceratophrys appendiculata* (Günther, 1873) (Anura; Cycloramphidae; Alsodinae). *Herpetology Notes* 5:197-199.
- Eaton-Poole, L., A.E. Pinkney, D.E. Green, D.R. Sutherland & K.J. Babbitt. 2003. Investigation of frog abnormalities on National Wildlife Refuges in the Northeast U.S. Pp. 63-78. In G. L. Linder, S. Krest, D. Sparling & E. E. Little (Eds.), *Multiple Stressor Effects in Relation to Declining Amphibian Populations*. ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania, USA.
- Ganesh, S.R. & M. Arumugam. 2015. Natural History and distribution notes on the Sreeni's golden frog (*Indosylvirana sreeni*) in the Southern Eastern Ghats, peninsular India. *Alytes* 32:59-65.
- Gibson, J.D. & T. Bulmer. 2007. Observations on a malformed American bullfrog (*Rana catesbeiana*) from Fairfax County, Virginia. *Banisteria* 29:35-36.
- Guerra, C. & E. Aráoz. 2016. Amphibian malformations and body condition across an agricultural landscape of northwest Argentina. *Diseases of Aquatic Organisms* 121:105-116.
- Hassine, J.B., V. De Buffrénil & S. Nouria. 2011. First record of morphological abnormalities in natural populations of two amphibian species in Tunisia. *Journal of Herpetology* 45:465-471.
- Hayes, T.B. 2005. Welcome to the revolution: Integrative biology and assessing the impact of endocrine disruptors on environmental and public health. *Integrative and Comparative Biology* 45:321-329.
- Hayes, T.B., P. Case, S. Chui, D. Chung, C. Haeffele, K. Haston, M. Lee, V.P. Mai, Y. Marjuoa, J. Parker & M. Tsui. 2006. Pesticide mixtures, endocrine disruption, and amphibian declines: are we underestimating the impact?. *Environmental Health Perspectives* 114:40-50.
- Helgen, J.C., M.C. Gernes, S.M. Kersten, J.W. Chirhart, J.T. Canfield, D. Bowers, J. Haferman, R.G. McKinnell & D. Hoppe. 2000. Field investigations of malformed frogs in Minnesota 1993-1997. *Journal of the Iowa Academy of Science* 107:96-105.
- Henle, K., A. Dubois & V. Vershinin. 2017. A review of anomalies in natural populations of amphibians and their potential causes. *Mertensiella* 25:57-164.
- Hertz, A., S. Lotzkat, A.R. Carrizo Diaz, M. Ponce, G. Köhler & B. Streit. 2012. Field notes on findings of threatened amphibian species in the central mountain range of western Panama. *Amphibian and Reptile Conservation* 6:9-30.
- Hertz, A. 2015. Integrative taxonomy and conservation status of amphibians in western Panama with an emphasis on the highlands of the Cordillera Central. Doctoral Dissertation, Goethe University, Frankfurt am Main, Germany.
- Holer, T. & D. Koleska. 2018. A case of unilateral anophthalmia in an adult *Pelophylax kl. esculentus* (Linnaeus, 1758). *Herpetozoa* 31:103-104.
- Huang, M.Y., R.Y. Duan & X. Ji. 2014. Chronic effects of environmentally-relevant concentrations of lead in *Pelophylax*

- nigromaculata* tadpoles: Threshold dose and adverse effects. *Ecotoxicology and environmental safety* 104:310–316.
- Ingle, D. 1976. Spatial vision in anurans. Pp. 119-140. In K. V. Fite (Ed.), *The amphibian visual system: a multidisciplinary approach*. Academic Press, New York, USA.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group & NatureServe. 2014. *Isthmohyla graceae*. La Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. 2014. e. T55492A3030233 [Consultado en octubre 2020]. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T55492A3030233>.
- Johnson, P.T.J., K.B. Lunde, E.M. Thurman, E.G. Ritchie, S.N. Wray, D.R. Sutherland, J.M. Kapfer, T.J. Frest, J. Bowerman & A.R. Blaustein. 2002. Parasite (*Ribeiroia ondatrae*) infection is linked to amphibian malformations in the western United States. *Ecological Monographs* 72:151-168.
- Johnson, P.T.J. & K.B. Lunde. 2005. Parasite infection and limb malformations: A growing problem in amphibian conservation. Pp. 124-138. In M.J. Lannoo (Ed.), *Amphibian declines: The conservation status of United States species*. University of California Press, Berkeley, California, USA.
- Koleska, D. & D. Jablonski. 2016. Two cases of unclear hindlimb malformation in *Bombina variegata*. *Ecológica Montenegrina* 9:56-58.
- Korzikov, V.A., A.I. Faizulin, O.A. Ermakov, S.K. Alekseev & V.V. Aleksanov. 2018. New occurrences of anomalous specimens of anuran amphibians in northwest upper Poochye. Pp. 80-86. In *The Second International Conference on Amphibian and Reptiles Anomalies and Pathology: methodology, evolutionary significance, monitoring and environmental health*, KnE Life sciences.
- Levey, R., N. Shambaugh, D. Fort & J. Andrews. 2003. Investigations into the causes of amphibian malformations in the Lake Champlain Basin of New England. Department of Environmental Conservation Final Report. Waterbury, VT: Vermont, USA.
- Lips, K.R. 1999. Mass mortality and population declines of anurans at an upland site in western Panama. *Conservation Biology* 13:117-125.
- Lotzkat, S. 2014. Diversity, taxonomy, and biogeography of the reptiles inhabiting the highlands of the Central Cordillera (Serranía de Talamanca and Serranía de Tabasará) in western Panama. Doctoral Dissertation, Goethe University, Frankfurt am Main, Germany.
- Marushchak, O., O. Nekrasova, O. Oskyrko, V. Voitenko & D. Zhytnyk. 2019. Impact of electromagnetic field on peculiarities of *Rana temporaria* Linnaeus, 1758 (Anura, Ranidae) ontogeny. *Journal of Environmental Research, Engineering and Management* 75:82-89.
- McCallum, M.L. & S.E. Trauth. 2003. A forty-three year museum study of northern cricket frog *Acris crepitans* abnormalities in Arkansas: upward trends and distributions. *Journal of Wildlife Diseases* 39:522-528.
- Meteyer, C.U. 2000. Guía de campo sobre malformaciones de ranas y sapos: con interpretaciones radiográficas: Servicio Geológico de EE. UU. BSR 2000-0005. 20 p., <https://pubs.er.usgs.gov/publication/53882>.
- Mitchell J.C. & C.T. Georgel. 2004. Anophthalmia in an Upland Chorus Frog (*Pseudacris feriarum feriarum*) from southeastern Virginia. *Banisteria* 25:53-54.
- Mizgireuv, I.V., N.L. Flax, L.J. Borkin & V.V. Khudoley. 1984. Dysplastic lesions and abnormalities in amphibians associated with environmental conditions. *Neoplasma* 31:175-181.
- 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.
- Ouellet, M., J. Bonin, J. Rodrigue, J. Desgranges & S. Lair. 1997. Hindlimb deformities (ectromelia, ectrodactyly) in free-living anurans from agricultural habitats. *Journal of Wildlife Diseases* 33:95-104.
- Paetow, L.J., B.D. Pauli, J.D. McLaughlin, J. Bidulka & D.J. Marcogliese. 2011. First detection of ranavirus in *Lithobates pipiens* in Quebec. *Herpetological review* 42:211-214.
- Pedroso-Santos, F., P.R. Sanches, J.C. Sousa & C.E. Costa-Campos. 2020. Anomalies in amphibians from the eastern Amazon region. *Herpetological Bulletin* 153:22-25.
- Peloso, P.L.V. 2016. Osteological malformation in the tree frog *Hypsiboas geographicus* (Anura: Hylidae). *Phyllomedusa* 15:91-93.
- Puky, M. & A. Fodor. 2002. Occurrence of amphibian deformities along the Hungarian section of the River Danube, Tisza and



- Ipoly. International Association for Danube research of the International Association of Theoretical and Applied Limnology 34:845-852.
- Rajakaruna, R.S., P.M.J.R. Piyatissa, U.A. Jayawardena, A.N. Navaratne & P.H. Amerasinghe. 2008. Trematode infection induced malformations in the common hourglass treefrogs. *Journal of Zoology* 275:89-95.
- Ramallo, W.P., F. Maffei, V. Guerra, D.P. Da Silva, L.R.A. De Matos & L.J. Vieira. 2017. Anophthalmia in adults of two Amazonian treefrogs (Anura: Hylidae). *The Herpetological Bulletin* 139:43-44.
- Reeves, M.K., C.L. Dolph, H. Zimmer, R.S. Tjeerdema & K.A. Trust. 2008. Road proximity increases risk of skeletal abnormalities in wood frogs from National Wildlife Refuges in Alaska. *Environmental Health Perspectives* 116:1009-1014.
- Rengel, D., A. Pisanó & D. Alonso. 1994. Anomalías oculares en híbridos *Bufo paracnemis* x *Bufo arenarum* (Anura: Bufonidae). *Cuadernos de Herpetología* 8:215-223.
- Robles-Mendoza, C., C. García-Basilio, S. Cram-Heydrich, M. Hernández-Quiroz & C. Vanegas Pérez. 2009. Organophosphorus pesticides affect early stages of the axolotl *Ambystoma mexicanum* (Amphibia: Caudata). *Chemosphere* 74:703-710.
- Rogers, R., J. Bacon, D. Fort & D. Linzey. 2006. Deformities in cane toad (*Bufo marinus*) populations in Bermuda: Part I. Frequencies and distribution of abnormalities. *Applied Herpetology* 3:39-65.
- Roquebert León, J.L. 2016. The Cerro Colorado Copper Resource, Ngäbe-Bugle, Panama (1946-2014). Bargaining Chip or Means of Repression between the Panamanian Government and the Ngäbe Group. *Secuencia* 96:167-192.
- Sánchez-Domene, D., A. Navarro-Lozano, R. Acayaba, K. Picheli, C. Montagner, D. De Cerqueira Rossa-Feres, F. Rodrigues da Silva & E.A. de Almeida. 2018. Eye malformation baseline in *Scinax fuscovarius* larvae populations that inhabit agroecosystem ponds in southern Brazil. *Amphibia-Reptilia* 39:325-334.
- Schoff, P.K., C.M. Johnson, A.M. Schotthoefer, J.E. Murphy, C. Lieske, R.A. Cole, L.B. Johnson & V.R. Beasley. 2003. Prevalence of skeletal and eye malformations in frogs from north-central United States: estimations based on collections from randomly selected sites. *Journal of Wildlife Diseases* 39:510-521.
- Silva-Soares, T. & A.T. Mônico. 2017. Hind limb malformation in the tree frog *Corythomantis greeningi* (Anura: Hylidae). *Phyllomedusa* 16:117-120.
- Sousa, J.C. & C.E. Costa-Campos. 2017. Records of ocular anomaly in two species of anurans in the eastern Amazon region. *Herpetology Notes* 10:413-415.
- Székelly P. & S. Nemes. 2003. The incidence of mutilations and malformations in a population of *Pelobates fuscus*. *Russian Journal of Herpetology* 10:145-148.
- Szkudlarek, M. 2020. Ocular anomalies in four species of European toad. *The Herpetological Bulletin* 154:26-28.
- Toledo, L.F., O.G.S. Araújo, L.D. Guimarães, R. Lingnau & C.F.B. Haddad. 2007. Visual and acoustic signaling in three species of Brazilian nocturnal tree frogs (Anura, Hylidae). *Phyllomedusa* 6:61-68.
- Toledo, L.F. & R.S. Ribeiro. 2009. The Archipelago of Fernando de Noronha: An Intriguing Malformed Toad Hotspot in South America. *International Association for Ecology and Health* 6:351-357.
- Trevine, V.C. 2011. Levantamento da Herpetofauna do Parque Natural Municipal Nascentes de Paranapiacaba, Santo André, SP. M.S. Thesis. Universidade Estadual Paulista Júlio De Mesquita Filho, São Paulo, Brasil.

