

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

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

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

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

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

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

*Correspondence: victorbiolvc@gmail.com

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

Editor: María Laura Ponssa, Argentina.

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

Keywords.— Anophthalmia, *Bolitoglossa platydactyla*, deformities, malformations, *Rheohyla miotympanum*, skin webbing.

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

Palabras clave.— Anoftalmia, *Bolitoglossa platydactyla*, correa de piel, deformidades, malformaciones, *Rheohyla miotympanum*.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

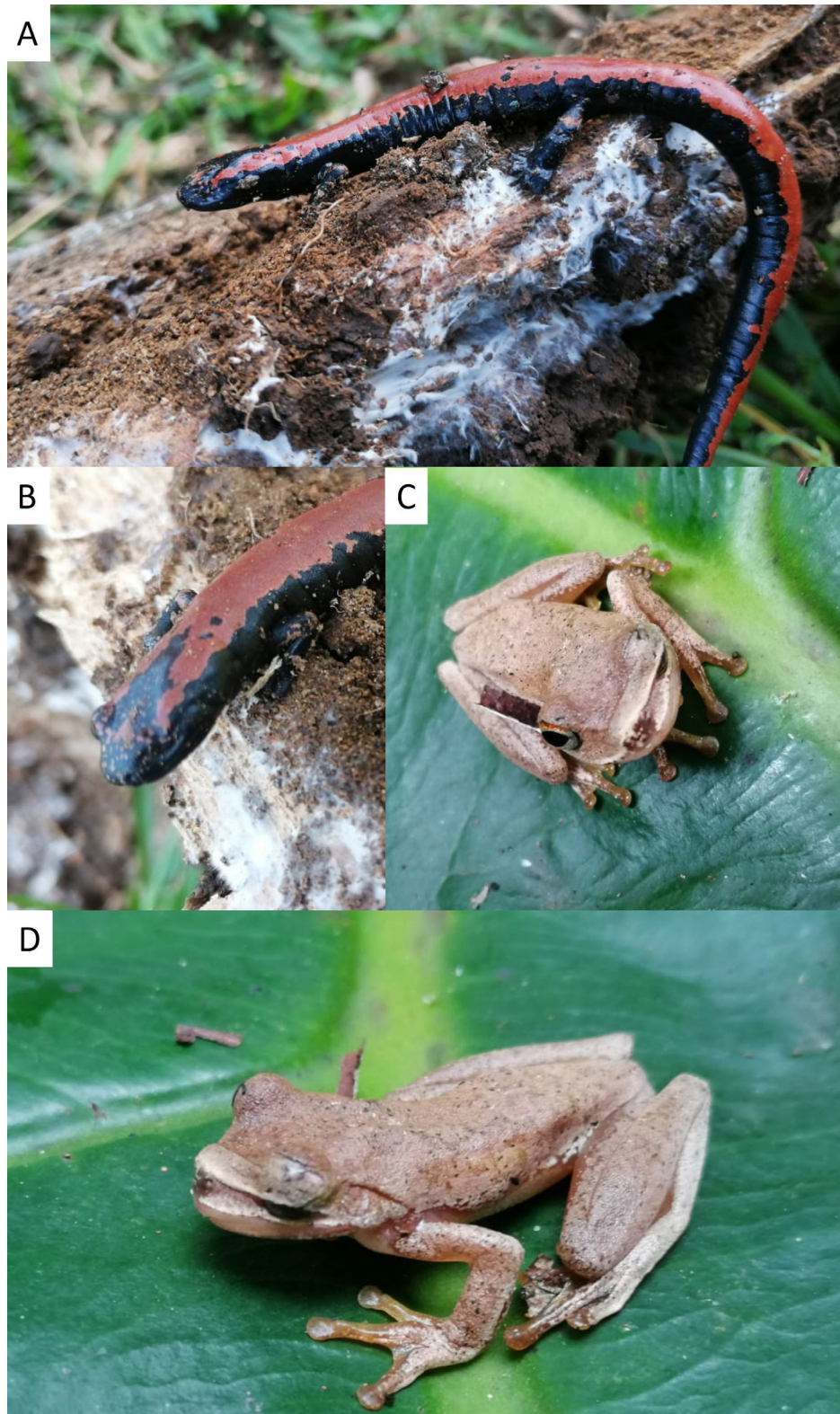


Figure 1. Morphological anomalies in amphibians. A) Anophthalmia in *Bolitoglossa platydactyla* and B) skin webbing over the left eye in *Rheohyla miotympanum*.
Figura 1. Anomalías morfológicas en anfibios. A) Anoftalmia en *Bolitoglossa platydactyla* y B) correa de piel sobre el ojo izquierdo en *Rheohyla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

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

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

LITERATURA CITADA

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

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

