

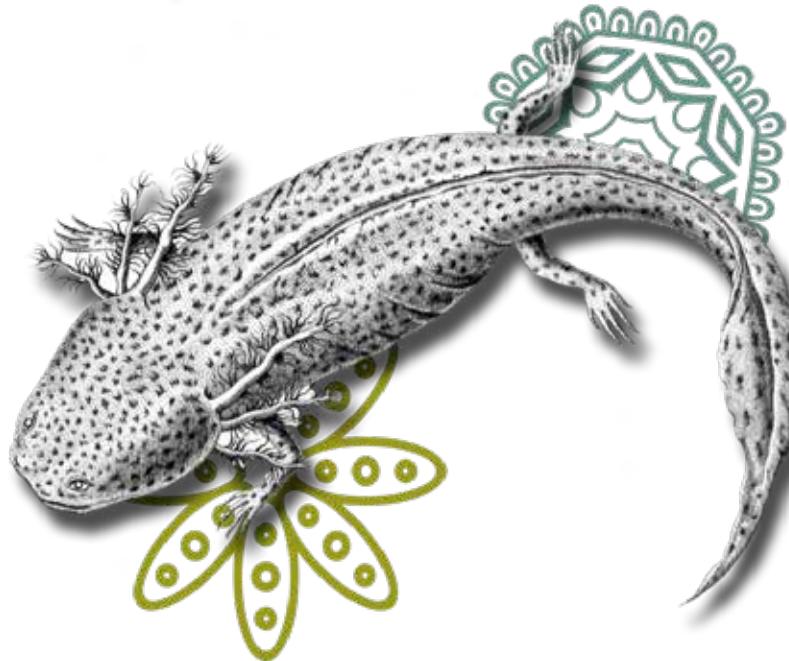


# EL AXOLETE

*(ambystoma)*

## en México





## El axolote (*ambystoma*) en México

Javier Manjarrez

Facultad de Ciencias, Uaemex

EL AXOLOTE es un vertebrado anfibio representado por 33 especies del género *Ambystoma* que se encuentran presentes de manera natural en América, con una distribución desde suroeste de Alaska y sur de Canadá, hasta el centro de México (SEMARNAT, 2018; Frost, 2019). Poca más de la mitad de las especies de *Ambystoma* se presentan en nuestro país, es decir, en México tenemos 18 especies que representan el 54.5% del total de las especies del género, de las cuales 17 son endémicas a México (Ávila Akerberg et al., 2021), lo que significa que no se encuentran en ninguna otra parte del mundo. La mayor parte de estas especies endémicas se distribuyen en las cadenas montañosas

de la Sierra Madre Oriental, el Eje Volcánico Transversal y la Sierra Madre Occidental (Shaffer, 1989; Frost, 2019; Ávila Akerberg et al., 2021).

Por sus características como vertebrados anfibios, los axolotes habitan cuerpos de agua como lagos y arroyos, donde encuentran las condiciones ambientales que les permiten sobrevivir, sin embargo, se encuentran considerados como vulnerables debido a que su ciclo de vida es en parte acuático y en parte terrestre, en consecuencia, la alteración tanto del agua como de la tierra, los hace doblemente vulnerables a la perturbación. Estos ambientes han sido drásticamente modificados por la presencia humana y en consecuencia las poblaciones de los axolotes se han reducido drásticamente, debido a la modificación, alteración y desecación de su hábitat, y en muchos casos con la invasión de especies exóticas invasoras (SEMARNAT, 2010; Zambrano et al., 2007; Guerrero de la Paz et al., 2020) y por su consumo como alimento (IUCN, 2020).

Morfológicamente, los axolotes poseen un cuerpo robusto con cabeza ancha y ojos relativamente pequeños, con cola aplanada lateralmente y tienen surcos costales a los lados. Tienen patas con cuatro dedos en las extremidades anteriores y cinco dedos en los posteriores. No tienen párpados y presentan pulmones y branquias. Su piel es húmeda, lisa, glandular con una coloración marrón, verde, gris oscuro, moteados, amarillos y ocasionalmente rosados y carentes de coloración (albinos). Su boca es amplia con pequeños dientes en hileras a la entrada de la cavidad oral. Su lengua es retráctil. Algunas especies de axolotes son neoténicos o paedomórficos, lo que significa que adquieren la madurez sexual presentando aún características larvarias, como por ejemplo permaneciendo como adultos con su forma de vida acuática y reteniendo las branquias (Shaffer, 1989). La metamorfosis, aunque puede presentarse, en algunas especies, en otras no se presenta dependiendo de las condiciones ambientales. Su tamaño es variable, pero en promedio su longitud es de 20 a 25 cm, aunque pueden alcanzar los 35 cm de longitud total (Ávila Akerberg et al., 2021).

Los axolotes adultos presentan un fenómeno llamado *paedomorfosis* (Bonett et al., 2021) que consiste en presentar algunas características morfológicas de los individuos juveniles, como conservar la aleta de la cola y las branquias externas. Este fenómeno también incluye alcanzar su madurez reproductiva aun en presencia de características larvales (Bonett et al., 2021). De esta manera, mediante la metamorfosis, los axolotes pueden permanecer como larvas o transformarse en adultos; sin embargo, algunas especies de *Ambystoma* no son capaces de realizarla ni de forma natural ni en condiciones experimentales (Ávila Akerberg et al. 2021). El axolote puede regenerar partes de su cuerpo como extremidades, cola, mandíbula, corazón y médula espinal (Haas y Whited, 2017; Dwaraka y Voss, 2021; Samano et al., 2021) y solo

parcialmente algunos órganos como el ojo y el cerebro (Joven y Simon 2018; Vieira et al, 2020). Sumado a estas capacidades regenerativas, también se ha determinado que son resistentes al cáncer (Suleiman et al., 2019).

## Historia natural

Por ser anfibios, en México, los axolotes habitan en zonas montañosas dentro de cuerpos de agua con poca corriente y profundidad con vegetación acuática, y en las orillas de arroyos o en manatiales, canales de riego y cuerpos de agua artificiales (Aguilar-Miguel, 2005), todos de poca profundidad y baja corriente que corren dentro de bosques de pino, encino, oyamel y en pastizales (SEMARNAT, 2018). De acuerdo a Ávila Akerberg et al. (2021), los axolotes que habitan lagos y presas son capaces de soportar niveles bajos de contaminación y bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua. En general, los axolotes se esconden entre las grietas de las rocas, las paredes de los cuerpos de agua y entre la vegetación acuática y es frecuente observarlos durante la época reproductiva (Ávila Akerberg et al. 2021). Los individuos metamórficos viven en tierra, en los alrededores de los arroyos y cuerpos de agua, generalmente bajo troncos, rocas o refugios que mantengan mucha humedad (Anderson y Web, 1978), ocasionalmente en pastizales adyacentes a los cuerpos de agua. (IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2015) e incluso en madrigueras de mamíferos pequeños (Rosas-Espinoza et al., 2014).

Su dieta se constituye principalmente de invertebrados pequeños, terrestres y acuáticos, los cuales pueden incluir ostrácodos, gasterópodos, e insectos (Lemos-Espinal, 2015). Por ejemplo, algunas de estas presas son cladóceros y copépodos, nematodos (Lemos-Espinal et al., 2016). acociles (*Cambarellus montezumae*), plancton, crustáceos, insectos del orden Trichoptera y Diptera y de las familias Chironomidae, Baetidae, Daphniidae y Simuliidae (Ruiz-Martínez et al., 2014). También se alimentan de moluscos, peces pequeños, lombrices y renacuajos (Santiago-Pérez et al., 2012; Velarde-Mendoza, 2012). Especies como *Ambystoma mexicanum* en los canales de Xochimilco, en la ciudad de México, puede incluir raíces, semillas, hojas de plantas, algas, dafnias y rotíferos, pequeños crustáceos, como anfípodos e isópodos, insectos, sanguijuelas, caracoles y peces pequeños (Zambrano et al., 2010). En condiciones de cautiverio los axolotes pueden sobrevivir ingiriendo acociles, peces y larvas de insecto (Aguilar-Miguel et al., 2009).

La temporada de reproducción de los axolotes es muy variable, dependiendo de las condiciones ambientales y de la especie. Se ha reportado que la

reproducción se presenta desde el final del invierno (en febrero), hasta el fin del verano, en septiembre; solo los meses de octubre noviembre y diciembre no se incluyen dentro del período reproductivo de los axolotes (SEMARNAT, 2010). Por lo general, los axolotes alcanzan la madures sexual entre los 12 y 16 meses de edad, cuando alcanzan un tamaño corporal de 90-100 mm de longitud hocico-cloaca, aunque especies como *A. taylori* y *A. ordinarium* pueden madurar sexualmente en tamaños relativamente más pequeños, desde los 70 mm de tamaño corporal. En la temporada reproductiva, que generalmente coincide con la temporada de lluvias, los axolotes se agrupan alrededor de cuerpos de agua para reproducirse. Los machos estimulan a las hembras a través de rituales de cortejo y posteriormente secretan por la cloaca un espermatóforo (cápsula o masa que contiene espermatozoides). Este espermatóforo es absorbido por la cloaca de la hembra para realizar la fertilización (Mena-González y Sevin-Zamora, 2014). Las hembras depositan de 90 a 660 huevos, aunque en la especie *Ambystoma mavortium* se han reportado hasta 5000 huevos (Lemos-Espinal et al., 2016). Los huevos son depositados dentro de cúmulos adheridos a sustratos vegetales en el agua como vegetación acuática, ramas o troncos, incluso bajo rocas, a profundidades reportadas de 10 a 25 cm debajo del nivel del agua (Lemos-Espinal et al. 2016). Los cúmulos de huevos pueden medir de 8.5 a 20 mm y cada huevo puede medir de 1.9 a 2.6 mm (SEMARNAT, 2010). Las larvas eclosionan en 12 a 25 días después de la puesta, dependiendo de la temperatura del agua (Mena Gonzales y Servín Zamora 2014). Se han reportado porcentajes de fertilidad del 40 al 90% (Aguilar-Miguel et al., 2009).

## Problemática y conservación

Debido a que en México los axolotes se distribuyen en regiones de mediana a gran altitud, la mayoría habitan lagunas y presas, en consecuencia su distribución es limitada (SEMARNAT, 2018) y sus poblaciones son pequeñas, aisladas y fragmentadas (Zambrano, at al., 2007; Heredia-Bobadilla y Sunny, 2021), lo que ocasiona que se encuentren bajo constantes presiones antropogénicas siendo más vulnerables a la extinción (Heredia-Bobadilla y Sunny, 2021). En México, 15 de las especies de *Ambystoma* se encuentran en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059 (SEMARNAT, 2010; Tabla 1). Once especies están sujetas a protección especial, tres están consideradas como amenazadas, y una de ellas (*A. mexicanum*) está categorizada como en Peligro de Extinción. Estas 15 especies están en la Lista Roja de la Unión

Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés). Dentro de esta lista doce especies son consideradas en alguna categoría de amenaza, nueve como en Peligro Crítico de Extinción y dos en Peligro de Extinción. Fuera de las categorías de amenaza, tres especies se ubican como Preocupación Menor y tres más como datos insuficientes (Tabla1).

Las principales amenazas de origen antropogénico para los axolotes son el cambio de uso de suelo, la deforestación, la contaminación de los cuerpos de agua por fertilizantes y residuos sólidos, el azolvamiento (Heredia-Bobadilla y Sunny, 2021) y la invasión por especies exóticas que actúan como depredadores no nativos o competidores (Guerrero de la Paz et al., 2020). Otras amenazas para los axolotes son el incremento de los rayos UV y la aparición de enfermedades emergentes (Zambrano et al., 2014, Heredia-Bobadilla y Sunny, 2021). Por ejemplo, recientemente se detectó la creciente presencia del hongo que causa la enfermedad emergente conocida como quitridiomicosis, que ha provocado graves disminuciones poblacionales de los anfibios a nivel mundial (Santos-Barrera, 2004, Mendoza-Almeralla et al., 2015). También recientemente, el cambio climático ha sido señalado como otro fenómeno que potencialmente puede promover la extinción de especies de anfibios (Parra-Olea et al., 2005), especialmente de algunas especies de salamandras en México, lo que sugiere que los axolotes también están en riesgo potencial de sufrir las afectaciones provocadas por el cambio climático.

De acuerdo a Zambrano et al., (2014) el axolote puede considerarse como una especie bandera. Es decir, una especie que puede visualizarse como cismática y atractiva para la sociedad, y con la cual el público se puede identificar y por lo tanto el axolote puede servir para simplificar la complejidad de la relación entre la sociedad con el ecosistema, lo que nos permite como sociedad, alcanzar conciencia ambiental. Los atributos que el axolote tiene como especie bandera son, primeramente, el ser un depredador tope (Zambrano et al., 2014), almacena las sustancias contaminantes que se encuentran en su ambiente, funcionando así también como especie bioindicadora de las perturbaciones ambientales (Randal Voss et al., 2015). Otro atributo del axolote es que puede ser una especie indicadora de las alteraciones que provocan las especies introducidas (Zambrano et al. 2010). Por ejemplo, la carpita y tilapia introducidas en Xochimilco compiten con el axolote por el alimento, además de que estas dos especies de peces invasores alteran la turbidez del agua y del hábitat del axolote porque reducen la abundancia de las plantas acuáticas que permiten la supervivencia de los insectos y peces nativos que son la dieta de los axolotes (Zambrano et al. 2010, Ayala et al., 2019).

Heredia-Bobadilla y Sunny (2021) revisaron las amenazas potenciales que enfrentan tres especies de *Ambystoma*: *A. rivulare*, *A. altamirani* y *A. leorae*,

a lo largo de la Faja Volcánica Transmexicana, y analizaron las categorías de riesgo propuestos por la SEMARNAT y el Puntaje de Vulnerabilidad Ambiental desarrollado por Wilson y McCranie (2003), con el fin de determinar si estos criterios son adecuados para contribuir de manera eficaz a la conservación de estas tres especies de axolotes en México. Los autores sugieren que el estado de conservación que la SEMARNAT establece para estas especies, debe cambiarse al nivel “peligro de extinción”, un nivel de mayor protección, porque estas especies de axolotes son altamente vulnerables a los cambios ambientales, sobre todo si estos cambios no parecen detenerse a pesar de las leyes creadas para protegerlos.

En este sentido, en México la SEMARNAT se ha planteado desarrollar e implementar programas de acción para la recuperación de especies en riesgo, vinculados con los Programas de Manejo de Áreas Naturales Protegidas, junto con otros instrumentos, con la participación de la sociedad. Así, la SEMARNAT (2010) planteo el Programa de Acción para la Conservación de las Especies de *Ambystoma* (PACE) como un recurso para la conservación de las especies de axolotes, y como una estrategia para asegurar la permanencia de estas especies en los ecosistemas mexicanos formando parte del equilibrio natural del ambiente.

Las estrategias de conservación propuestas por la SEMARNAT (2010) son: (1) El Manejo y protección de poblaciones, a partir del diseño y establecimiento de acciones de manejo interdisciplinarias que aseguren la conservación de las poblaciones de *Ambystoma*, considerando estrategias de vigilancia, monitoreo, investigación y aprovechamiento responsable. (2) El Manejo integrado del paisaje, donde se propone evitar que en zonas críticas para la conservación de las especies de axolotes, se desarrolle actividades que resulten incompatibles, de forma directa o indirecta con la supervivencia de los *Ambystoma* a largo plazo. (3) La Conservación y manejo de especies en riesgo, a través de estrategias de protección y vigilancia, la prevención de impactos, el manejo de poblaciones y la investigación y monitoreo. (4) La Participación social y cultura para la conservación, a partir del desarrollo de una estrategia de difusión integral sólida, así como un esquema para que la sociedad civil tenga acceso a información adecuada sobre la importancia de los *Ambystoma*, incluyendo la legislación nacional e internacional vigente. También incluye favorecer el valor social y sentido de pertenencia por las especies de *Ambystoma* mediante educación ambiental y campañas mediáticas responsables, y promoción de la tolerancia y coexistencia con la vida silvestre, además de promover la generación de capacidades técnicas locales y regionales para la implementación de acciones de monitoreo, protección y aprovechamiento sustentable de los *Ambystoma* y su hábitat. Y finalmente (5)

La Economía de la conservación, que pretende contribuir al fortalecimiento económico de las comunidades donde se distribuyen los *Ambystoma*, promoviendo la valoración de las especies e impulsando alternativas productivas y negocios sustentables que garanticen la conservación de las especies y sus hábitats. Además de establecer las bases de un aprovechamiento sustentable justo y equitativo de los *Ambystoma*, que genere recursos necesarios para implementar y desarrollar el PACE (Programa de Acción para la Conservación de las Especies de *Ambystoma*). También en este rubro se plantea contribuir a que las actividades alternativas al comercio y las actividades locales sean una actividad competitiva con las del comercio de *Ambystoma*.

Considerando todas estrategias que el PACE plantea, es evidente y urgente la toma de decisiones y la implementación de recursos para la conservación de las especies de *Ambystoma* en México. Se espera que el planteamiento de la SEMARNAT (2010) sea un instrumento benéfico para garantizar la existencia de los axolotes en los ecosistemas mexicanos, como parte del equilibrio natural de los ecosistemas.

## Conclusión

Como señalan Ávila Akerberg et al. (2021), aun carecemos de mucha información sobre las especies de axolotes presentes en México. Especialmente, es necesario precisar con mas detalle la distribución geográfica de cada una de sus especies, así como profundizar en el conocimiento básico de su biología, especialmente sobre el estado de sus poblaciones. El compromiso de México con las especies de axolotes, debe ser mas comprometido debido que en nuestro país se encuentran poca más de la mitad de las especies de *Ambystoma* de las 8 especies que existen, además de que casi todas ellas son endémicas a México. Una situación preocupante es que casi todas las especies de *Ambystoma* se encuentran en una categoría de riesgo a nivel nacional y todas a nivel internacional. En nuestro país tenemos la necesidad de plantear estrategias integrales de conservación, de manera urgente, con el fin de mantener presentes a las especies de axolotes, un patrimonio biológico y cultural de los mexicanos.

## Referencias

- Aguilar-Miguel, X. (compilador). 2005. *Algunas especies de anfibios y reptiles contenidos en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-059-ECOL-2000*. Facultad de Ciencias, Centro de Investigación en Recursos Bióticos, Universidad Autónoma del Estado de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. Wo35. México, D.F.
- Aguilar-Miguel, X., Legorreta, G. y Casas-Andreu, G. 2009. *Reproducción ex situ en Ambystoma granulosum y Ambystoma lermaense (Amphibia: Ambystomatidae)*. Acta Zoológica Mexicana, 25(3), 443–454.
- Ávila Akerberg, V. D., González Martínez, T. M., González Hernández, A. y Vázquez Trejo, M. 2021. El género *Ambystoma* en México: ¿Qué son los ajoletes?. *CIENCIA ergo-sum*, 28(2). <https://doi.org/10.30878/ces.v28n2a10>
- Ayala, C., Ramos, A. G., Merlo, A. y Zambrano, L. 2019. Microhabitat selection of axolotls, *Ambystoma mexicanum*, in artificial and natural aquatic systems. *Hydrobiologia* 828:11–20. <https://doi.org/10.1007/s10750-018-3792-8>
- Bonett, R. M., Ledbetter, N. M., Hess, A. J., Herrboldt, M. A. y Denoel, M. 2021. Repeated ecological and life cycle transitions make salamanders an ideal model for evolution and development. *Developmental Dynamics*. Early access June 2021. DOI:10.1002/dvdy.373
- Dwaraka, V. B. y Voss, S. R. 2021. Towards comparative analyses of salamander limb regeneration. *Journal of Experimental Zoology Part B-Molecular and Developmental Evolution* 336(2): 129-144. DOI: 10.1002/jez.b.22902
- Freitas, P. D., Yandulskaya, A. S., y Monaghan, J. R. 2019. *Spinal cord regeneration in amphibians: A historical perspective*. *Developmental neurobiology*, 79(5), 437-452.
- Frost, D. R. 2019. *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 6.0. Retrieved from [http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/index.php//content/search?taxon=Ambystoma&subtree=&subtree\\_id=&english\\_name=&author=&year=&country=525](http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/index.php//content/search?taxon=Ambystoma&subtree=&subtree_id=&english_name=&author=&year=&country=525).
- Guerrero de la Paz, J. G., Mercado-Silva, N., Alcalá, R. E. y Zambrano, L. 2020. Signals of decline of flagship species *Ambystoma altamirani* Dugès, 1895 (Caudata, Ambystomatidae) in a Mexican natural protected area. *Herpetozoa* 33: 177–183. DOI: 10.3897/herpetozoa.33.e56588
- Haas, B. J. y Whited, J. L. 2017. Advances in decoding axolotl limb regeneration. *Trends in Genetics* 33(8): 553-565. DOI: 10.1016/j.tig.2017.05.006
- Heredia-Bobadilla, R. L. y Sunny, A. 2021. Análisis de la categoría de riesgo de los ajoletes de arroyos de alta montaña (Caudata: Ambystoma). *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 37: 1–19. <http://doi.org/10.21829/azm.2021.3712315>

- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2020. *Ambystoma mexicanum*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T1095A53947343. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T1095A53947343.en>
- Joven, A y Simon, A. 2018. Homeostatic and regenerative neurogenesis in salamanders. *Progress in Neurobiology* 170:81-98. DOI: 10.1016/j.pneurobio.2018.04.006
- Lemos-Espinal J. A., Smith, G.R. y Woolrich-Pină, G. 2015. Diet of Larval *Ambystoma altamiranoi* from Llano de los Axolotes, Mexico. *Current Herpetology* 34(1):75-79.
- Lemos-Espinal, J.A., Smith, H. M., Dixon, J. R. y Cruz, A. 2016. *Amphibians and Reptiles of Sonora, Chihuahua and Coahuila, Mexico*. CONABIO. México.
- Mena Gonzales, H. y Servín Zamora, E. 2014. *Manual básico para el cuidado en cautiverio del axolote de Xochimilco (Ambystoma mexicanum)*. Laboratorio de Restauración Ecológica del Instituto de Biología, UNAM. México.
- Mendoza-Almeralla, C., Burrowes, P., Parra-Olea, G. 2015. Chytridiomycosis in amphibians from Mexico: a revision. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86, 238–248. <https://doi.org/10.7550/rmb.42588>
- Mescher, A. L. 2004. The cellular basis of limb regeneration in urodeles. *International Journal of Developmental Biology*, 40(4): 785-795.
- Parra-Olea, G., Martínez-Meyer, E. y Pérez-Ponce De León, E. 2005. Forecasting climate change effects on salamander distribution in the Highlands of Central Mexico. *Biotropica* 37(2): 202-208. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2005.00027.x>
- Randal Voss, S., Woodcock, M. R. y Zambrano L. 2015. A Tale of Two Axolotls. *BioScience* 65 (12): 1134–1140, <https://doi.org/10.1093/biosci/biv153>
- Rosas-Espinoza, V. C., García-Mata, E. S., Santiago-Pérez, A.L. y Villarreal-Méndez, J. 2014. Herpetofauna asociada a madrigueras de la tuza *Pappogeomys bulleri* en el bosque templado de sierra de Quila, Jalisco. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(1),328–331
- Ruiz-Martínez, L., Alvarado-Díaz, J., Suazo-Ortuño, I y Pérez-Munguía, R. 2014. Diet of *Ambystoma ordinarium* (Caudata: Ambystomatidae) in undisturbed and disturbed segments of a mountain stream in the trans-Mexican Volcanic Belt. *Salamandra*, 50(2), 63–70.
- Samano, C., Gonzalez-Barrios, R., Castro-Azpiroz, M., Torres-Garcia, D., Ocampo-Cervantes, J. A., Otero-Negrete, J. y Soto-Reyes, E. 2021. Genomics and epigenomics of axolotl regeneration. *International Journal of Developmental Biology* 65(7-9): 465-474. DOI: 10.1387/ijdb.200276cs

- Santiago-Pérez, A. L., Domínguez-Laso, M., Rosas-Espinoza, V. C. y Rodríguez-Canseco, J. M. 2012. *Anfibios y Reptiles de las Montañas de Jalisco: Sierra de Quila*. Universidad de Guadalajara / CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad), México.
- Santos-Barrera, G. 2004. *Enfermedades infecciosas en poblaciones de anfibios*. *Biodiversitas*, 56, 1–6.
- SEMARNAT, 2018. *Programa de Acción para la Conservación de las Especies Ambystoma spp*, SEMARNAT/CONANP, México.
- Shaffer, H. B. 1989. Natural history, ecology, and evolution of the Mexican "Axolotls". *Axolotl Newsletter*, 18, 5-12.
- Suleiman, S., Schembri-Wismayer, P. y Calleja-Agius, J. 2019. The axolotl model for cancer research: a mini-review. *JOURNAL OF BUON* 24 (6): 2227-2231.
- Velarde-Mendoza, T. 2012. Importancia ecológica y cultural de una especie endémica de ajolote (*Ambystoma dumerilii*) del lago de Pátzcuaro, Michoacán. *Etnobiología* 10(2):40-49.
- Vieira, W.A., Wells, K. M. y McCusker, C. D. 2020. Advancements to the Axolotl Model for Regeneration and Aging. *Gerontology* 66 (3): 212-222. DOI:10.1159/000504294
- Wilson, D. L. y McCranie, J. R. (2003) The conservation status of the Herpetofauna of Honduras. *Amphibian and Reptile Conservation*, 3 (1), 6–33. <https://doi.org/10.1514/journal.arc.0000012>
- Zambrano, L., Vega, E., Herrera, G., Prado, E. A. y Reynoso, V. H. 2007. A population matrix model and population viability analysis to predict the fate of an endangered species in a highly managed water system. *Anim. Conserv* 10: 297–293.
- Zambrano, L., Valiente, E. y Vander Zanden, M. J. 2010. Food web overlap among native axolotl (*Ambystoma mexicanum*) and two exotic fishes: carp (*Cyprinus carpio*) and tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Xochimilco, Mexico City. *Biological Invasions* 12: 3061-3069. DOI 10.1007/s10530-010-9697-82010.
- Zambrano, L., Ortiz Haro, G. A., y Gálvez, K. L. 2014. El axolote como especie bandera en Xochimilco. En: *Bioindicadores. Guardianes de nuestro futuro ambiental*. González Zuarth, C. A., Vallarino, A., Pérez Jiménez, J. C. y Low Pfeng, A. M. (editores). El Colegio de la Frontera Sur, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. p. 421-438.

Tabla 1. Estado de conservación de las especies de *Ambystoma* en México (Tomado de Ávila Akerberg et al. (2021)).

Especie	Estatus de conservación	
	NOM-059	IUCN
<i>Ambystoma altamirani*</i>	A	EN
<i>A. amblycephalum*</i>	Pr	CR
<i>A. andersoni*</i>	Pr	CR
<i>A. bombyllum*</i>	Pr	CR
<i>A. dumerilii*</i>	Pr	CR
<i>A. flavipiperatum*</i>	Pr	EN
<i>A. granulosum*</i>	Pr	CR
<i>A. leorae*</i>	A	CR
<i>A. lermaense*</i>	Pr	CR
<i>A. mavortium</i>	---	LC
<i>A. mexicanum*</i>	P	CR
<i>A. ordinarium*</i>	Pr	EN
<i>A. rivulare*</i>	A	DD
<i>A. rosaceum*</i>	Pr	LC
<i>A. silvense*</i>	---	DD
<i>A. subsalsum*</i>	---	NE
<i>A. taylori*</i>	Pr	EN
<i>A. velasci*</i>	Pr	LC

\* = Endémica, A = amenazada, P = en peligro, Pr = sujeta a protección especial, CR = en peligro crítico, EN = en peligro, LC = preocupación menor, DD = datos deficientes, NE = no evaluado.

