



ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA SOBRE *Ambystoma mexicanum* (CAUDATA: *Ambystomatidae*): TENDENCIAS, VACÍOS Y ENFOQUES BIOTECNOLÓGICOS PARA SU CONSERVACIÓN

Arnulfo Villanueva-Castillo^{1,2*}, Ruby S. Moreno-Mejía¹, César F. Pastelín-Rojas^{1,2},
Claudia Mancilla-Simbro^{3a*}, Briseida L. Castro-Bautista^{1,2}, Erick C. Fernández-
Meneses^{1,2}, Miguel Á. Zambrano-González^{1,2}, Fabiola Rodríguez-Andrade¹, Juan R.
Cruz-Aviña¹, Jesús J. Hinojosa-Moya⁴, Hermilo Lucio-Castillo⁵, Alberto Ramírez-Mata⁶

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, El Salado, km 7.5 carr. Cañada-Morelos, C.P. 75487, Tecamachalco, Puebla, México.

²Cuerpo Académico de Enfermedades Emergentes, Bioinformática y Dinámica Molecular BUAP-CA-274, Laboratorio de Biología Molecular y Biotecnología.

^{3*} HybridLab. Physiology and Molecular Biology of Excitable Cells, Instituto de Fisiología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 14 sur 6301, CU San Manuel, C.P. 72570, Puebla Pue., México
<https://orcid.org/0000-0003-3976-3550>

^{3a}Centro de Estudios “Justo Sierra”, Badiraguato 80600, Sinaloa, México

⁴Facultad de Ingeniería Química y Complejo Regional Centro, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

⁵Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Mante, Tamaulipas, México.

⁶Laboratorio de la Interacción Bacteria-Planta, Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas, Instituto de Ciencias (ICUAP), Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Edificio 103J, Av. San Claudio S/N, Col. San Manuel, C.P. 72570. Puebla Pue., México.
alberto.ramirez@correo.buap.mx <https://orcid.org/0000-0002-2119-2254>

*Autores de correspondencia: arnulfo.villanueva@correo.buap.mx, claudia.mancilla@correo.buap.mx
Recibido 02-04-2026; Formulario revisado 20-05-2026; Aceptado 24-06-2026

RESUMEN: *Ambystoma mexicanum*, ajolote o axolote, es un anfibio urodelo endémico del sistema lacustre de la cuenca de México, catalogado en peligro crítico de extinción. Además de su valor cultural y ecológico, constituye un modelo biológico de relevancia internacional para la biología del desarrollo, la regeneración y la genómica. El presente estudio analiza, desde una perspectiva bibliométrica, la producción científica mundial sobre *A. mexicanum* registrada en la base abierta OpenAlex durante 2000–2026. Se recuperaron 4,242 documentos, con un crecimiento sostenido que pasó de 33 publicaciones en el 2000 a más de 370 en 2023. Los artículos originales representaron el 53,4 %, seguidos por conjuntos de datos (23,5 %) y prepublicaciones (7,5 %). Los autores más productivos fueron S. R. Voss (73), E. M. Tanaka (70) y J. R. Monaghan (42); los países líderes fueron Estados Unidos (1 105), Alemania (364) y México (246); y la coocurrencia temática reveló una concentración en genética, biología celular y regeneración, frente a una subrepresentación de conservación, enfermedades emergentes y biotecnología aplicada.



Los resultados evidencian oportunidades estratégicas para fortalecer la investigación sanitaria y biotecnológica como herramienta de conservación.

Palabras clave: *Ambystoma mexicanum*; axolote; bibliometría; conservación; enfermedades emergentes; biotecnología.

ABSTRACT *Ambystoma mexicanum*, axolotl, is a urodele amphibian endemic to the lake system of the basin of Mexico, listed as critically endangered. In addition to its cultural and ecological value, it constitutes a biological model of international relevance for developmental biology, regeneration and genomics. The present study analyzes, from a bibliometric perspective, the global scientific production on *A. mexicanum* recorded in the OpenAlex open database during 2000–2026. 4,242 documents were recovered, with a sustained growth that went from 33 publications in 2000 to more than 370 in 2023. Original articles accounted for 53.4%, followed by datasets (23.5%) and preprints (7.5%). The most productive authors were S. R. Voss (73), E. M. Tanaka (70) and J. R. Monaghan (42); the leading countries were the United States (1,105), Germany (364) and Mexico (246); and thematic co-occurrence revealed a concentration in genetics, cell biology and regeneration, as opposed to an underrepresentation of conservation, emerging diseases and applied biotechnology. The results show strategic opportunities to strengthen health and biotechnology research as a conservation tool.

Keywords: *Ambystoma mexicanum*; axolotl; bibliometrics; conservation; emerging diseases; biotechnology.

INTRODUCCIÓN

Los anfibios constituyen uno de los grupos de vertebrados más amenazados del planeta, con cerca del 40 % de sus especies en alguna categoría de riesgo, como consecuencia de la pérdida y fragmentación del hábitat, el cambio climático, la contaminación, las especies invasoras y, de manera particular, las enfermedades emergentes (Stuart et al., 2004; Fisher et al., 2009; Scheele et al., 2019). Dentro de este grupo, los urodelos han recibido especial atención por su sensibilidad ecológica y su valor como bioindicadores. *Ambystoma mexicanum*

(Shaw and Nodder, 1798), conocido comúnmente como ajolote o axolote, es un anfibio caudado neoténico endémico del sistema lacustre de Xochimilco y Chalco, en la cuenca de México, catalogado en peligro crítico por la UICN y en el Apéndice II de CITES (Zambrano et al., 2010; IUCN, 2022).

El ajolote posee un notable interés científico internacional. Su capacidad de regeneración de extremidades como: cola, médula espinal, corazón y porciones de cerebro, junto con su neotenia, lo han consolidado como modelo biológico de referencia para la biología del desarrollo,



la regeneración, la evolución y, más recientemente, la genómica y la edición génica (Voss et al., 2009; Tanaka & Reddien, 2011; Nowoshilow et al., 2018). A esta importancia se suma un interés creciente en herramientas biotecnológicas para su conservación, como la reproducción asistida, los bancos de germoplasma, el diagnóstico molecular de patógenos y el manejo de colonias fuera de su hábitat (Zambrano et al., 2010; Gascon et al., 2007).

Sin embargo, las nuevas enfermedades, especialmente la quitridiomycosis, que es causada por *Batrachochytrium dendrobatidis*, y las infecciones por ranavirus, son una amenaza creciente para las poblaciones que están fuera de su hábitat y para los programas de reintroducción (Daszak et al., 2000; Skerratt et al., 2007; Voyles et al., 2009). La articulación entre la investigación básica, la sanidad y la biotecnología resulta decisiva para la viabilidad de la especie.

En este contexto, los análisis bibliométricos constituyen una herramienta útil para evaluar cuantitativamente la evolución del conocimiento, identificar tendencias, actores y vacíos temáticos para orientar prioridades de investigación (Pritchard, 1969; van Eck y Waltman, 2010; Donthu et al., 2021). El objetivo de esta investigación bibliométrica, fue realizar análisis exhaustivo de la producción científica mundial sobre *Ambystoma mexicanum* usando indicadores

bibliométricos. Se puso énfasis en las tendencias, los actores cruciales y las áreas que faltan en enfermedades emergentes, reemergentes, biotecnológicas, y se analizó su relevancia, pertinencia, vigencia para la Medicina Veterinaria, la Zootecnia y la conservación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño y fuente de información. Se llevó a cabo un estudio bibliométrico descriptivo y retrospectivo. La recopilación se realizó con la base de datos abierta OpenAlex, que integra y normaliza registros de Crossref, repositorios y revistas indexadas (Priem et al., 2022).

Estrategia de búsqueda. Se utilizó search=("*Ambystoma mexicanum*") filtrada por año de publicación (2000–2026), con depuración de duplicados. Para los análisis temáticos se consideraron los conceptos con score $\geq 0,35$.

Indicadores y análisis. Se evaluó la producción anual, los autores, las instituciones, los países, las fuentes, tipología documental y coocurrencia de términos. Se elaboraron mapas de visualización con VOSviewer (van Eck & Waltman, 2010, Mancilla-Simbro et al 2018) y NetworkX. El análisis de la investigación fue descriptivo.

RESULTADOS

Producción y tendencia temporal. Se recuperaron 4,242 documentos en 2000–2026. La evolución mostró un crecimiento sostenido con un incremento marcado a partir de 2015, pasando de 33

publicaciones en 2000 a 154 en 2015, 322 en 2022 y un máximo de 370 documentos en 2023 (Fig. 1). Este patrón refleja la consolidación internacional del ajolote como modelo biológico y el creciente interés por su conservación y genómica.

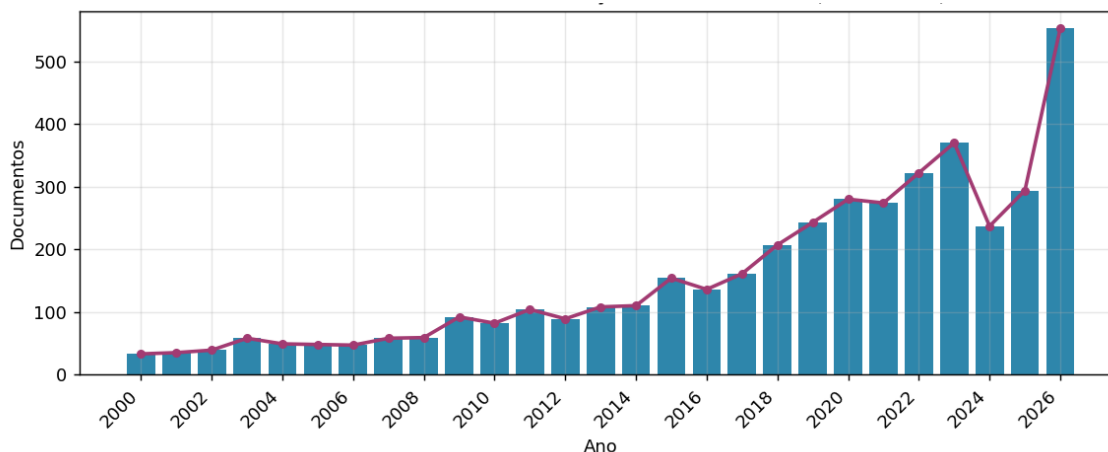


Figura 1. Evolución temporal de la producción científica sobre *Ambystoma mexicanum* (2000–2026). Elaboración propia con datos de OpenAlex.

Tipología documental. Los artículos originales representaron el 53,4 % del total (2 264), seguidos por conjuntos de datos (997; 23,5 %), prepublicaciones (320; 7,5 %), revisiones (320; 7,5 %) y

tesis (181; 4,3 %) (Fig. 2). La elevada proporción de conjuntos de datos y prepublicaciones refleja el carácter intensivo en datos de la investigación genómica y de regeneración.

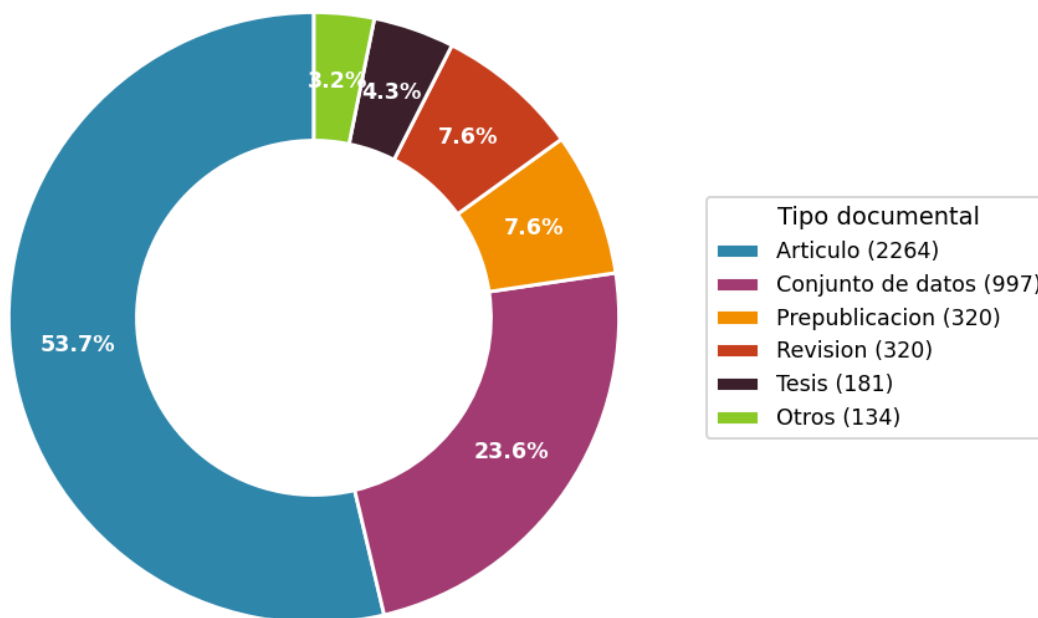


Figura 2. Distribución de la producción por tipo documental.

Fuentes de publicación. Entre las revistas con revisión por pares más productivas destacaron *Developmental Dynamics* (83 documentos), *PLoS ONE* (80), *Scientific Reports* (64), *Nature Communications*

(43) y el *International Journal of Developmental Biology* (41) (Fig. 3), predominando publicaciones de biología del desarrollo, regeneración y ciencias biomédicas.

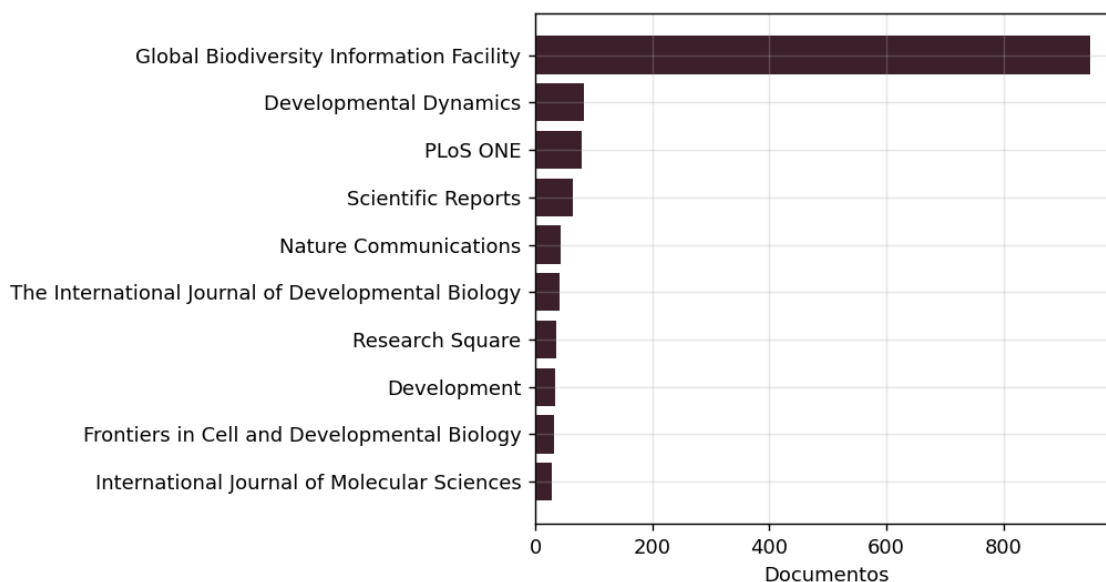


Figura 3. Principales revistas con revisión por pares sobre *A. mexicanum*.

Autores, instituciones y países. Entre los autores más productivos destacaron S. Randal Voss (73 documentos), Elly M. Tanaka (70), James R. Monaghan (42), Akira Satoh (37) y Jeramiah J. Smith (33) (Fig. 4). Los países con mayor

contribución fueron Estados Unidos (1105), Alemania (364), México (246), el Reino Unido (241) y China (211) (Fig. 5), evidenciando el liderazgo estadounidense y el peso regional de México como país de origen de la especie.

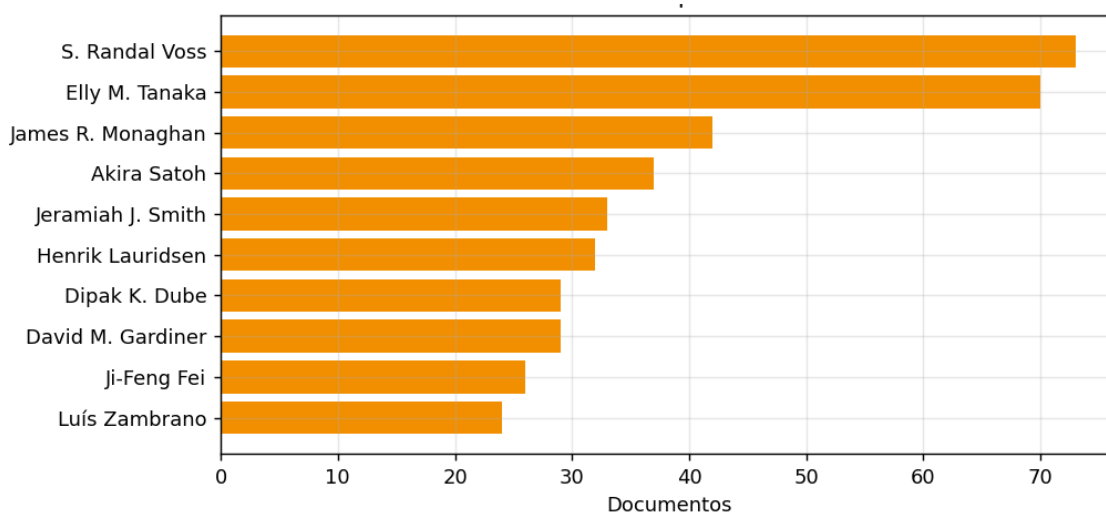


Figura 4. Autores con mayor producción científica sobre *A. mexicanum*.

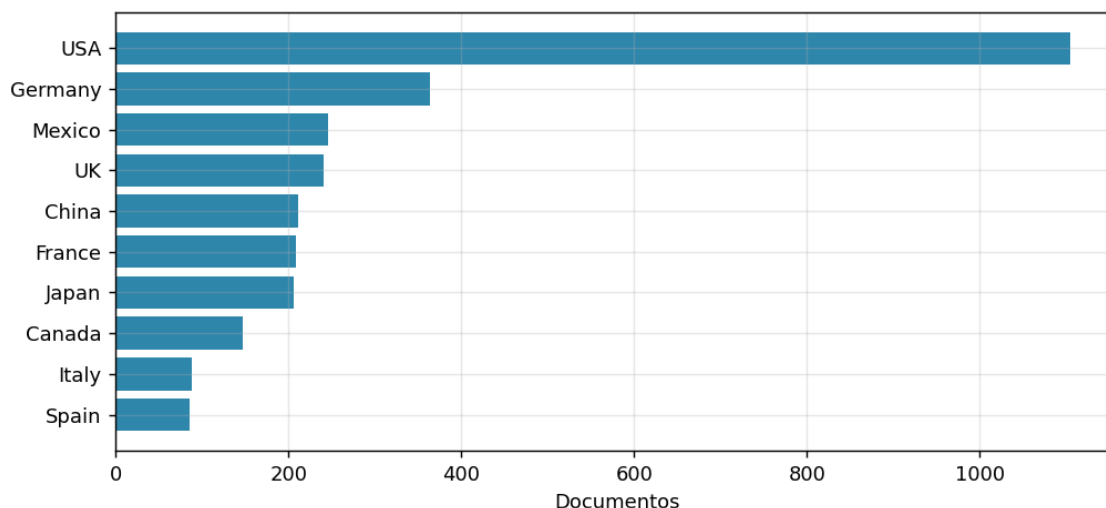


Figura 5. Distribución geográfica de la producción científica.

Líneas temáticas y vacíos. El análisis de coocurrencia encontró grupos enfocados en genética (1,445), biología celular (1,442), genómica (1,430), regeneración (1,235) y anatomía (974). En cambio, hubo menos representación en ecología,

conservación, sanidad y biotecnología aplicada (Fig. 6). Este patrón evidencia un vacío en enfermedades emergentes, diagnóstico molecular, reproducción asistida y bancos de germoplasma específicos para la especie.

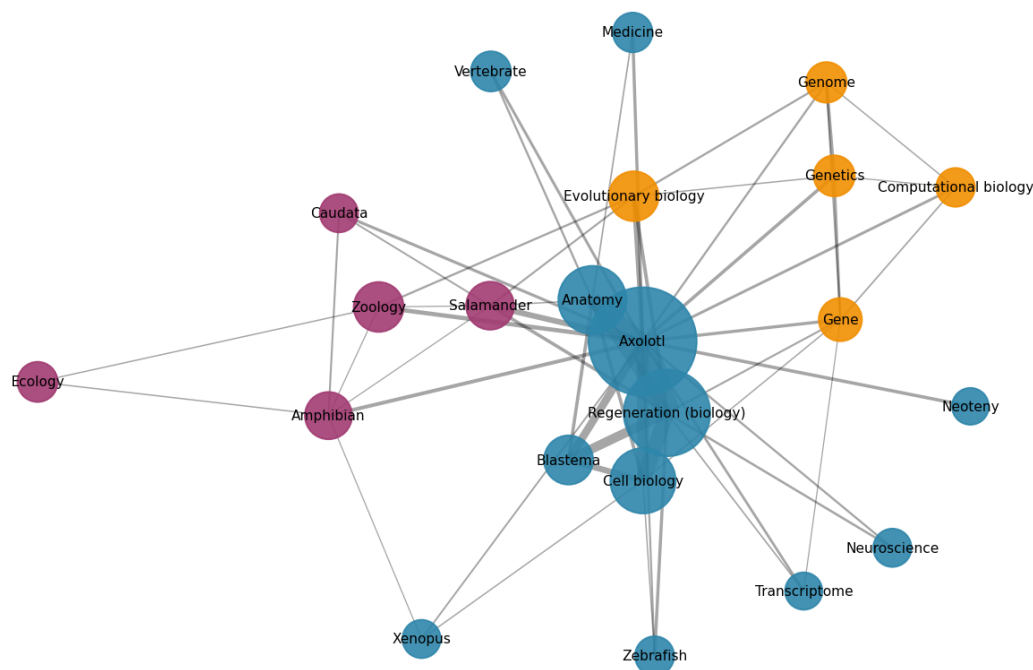


Figura 6. Red de coocurrencia temática (OpenAlex, 2013–2026). El tamaño del nodo es proporcional a su frecuencia y el color al clúster temático.

DISCUSIÓN

Los resultados corroboran la posición de *Ambystoma mexicanum* como uno de los anfibios más estudiados a nivel mundial, con una producción en clara expansión y con una concentración en biología del desarrollo, regeneración y genómica, coherente con su papel como modelo biológico (Voss et al., 2009; Tanaka & Reddien, 2011; Nowoshilow et al., 2018). El liderazgo de autores como

Voss, Tanaka y Monaghan, y de instituciones de Estados Unidos, Alemania y México, refleja el peso histórico de la comunidad de biología del desarrollo y el origen geográfico de la especie.

El análisis identifica un vacío en los frentes de enfermedades emergentes y biotecnología aplicada. La quitridiomycosis, las infecciones por ranavirus y el manejo sanitario de



colonias *ex situ* siguen subrepresentados frente al volumen de investigación básica (Daszak et al., 2000; Skerratt et al., 2007; Scheele et al., 2019), lo cual es preocupante dado que las enfermedades infecciosas son uno de los principales motores del declive global de los anfibios.

Desde la perspectiva de la Medicina Veterinaria, la Zootecnia y la biotecnología, los hallazgos muestran oportunidades importantes en diagnóstico molecular, prevención de enfermedades, reproducción asistida, conservación de gametos y cuidado sanitario general de grupos de animales. En estos ámbitos, el Cuerpo Académico de Enfermedades Emergentes (CA-BUAP-207) y el Laboratorio de Biología Molecular y Biotecnología de la BUAP pueden aportar valor significativo.

Entre las limitaciones destacan la dependencia de una sola base de datos (aunque de cubrimiento amplio), la posible subida parcial de registros recientes y la conveniencia de incorporar Scopus y Web of Science en análisis futuros.

CONCLUSIONES

La investigación sobre *Ambystoma mexicanum* está creciendo y se centra en temas básicos como el desarrollo, la regeneración y la genómica. Sin embargo, hay una clara falta de estudios sobre nuevas enfermedades y biotecnología aplicada. Los análisis bibliométricos constituyen herramientas

útiles para identificar prioridades y orientar estrategias de conservación basadas en evidencia. Se recomienda fortalecer las líneas sanitarias y biotecnológicas, así como la colaboración internacional, como vías para mejorar la viabilidad de la especie y de los programas *ex situ*.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

AVC: Conceptualización, metodología, redacción – borrador original, supervisión, administración del proyecto, adquisición de fondos. RSMM: Investigación, curaduría de datos. CFPR: Metodología, Investigación, Redacción – revisión y edición. CMS: Investigación, Análisis formal. BLCB: Investigación, curaduría de datos. ECFM: Investigación, Metodología. MSC, MAZG: Investigación, redacción, revisión y edición. FRA: Investigación, curaduría de datos. JRCA, ARM: Investigación (necropsia), metodología, recursos. JJHM: Investigación, recursos. HLC: Investigación, Recursos. Todos los autores leyeron y aprobaron el manuscrito final.

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) y al Cuerpo Académico de Enfermedades Emergentes, Bioinformática y Dinámica Molecular BUAP-CA-274; HybridLab. Physiology and Molecular Biology of Excitable Cells, Instituto de Fisiología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 14 sur 6301, CU San Manuel, Puebla Pue.,



México 72570, <https://orcid.org/0000-0003-3976-3550> por las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Bosch, J., & Rincón, J. P. (2008). Chytridiomycosis in an amphibian population. *Frontiers in Zoology*, 5, 4.
- Contreras, V., Martínez-Meyer, E., Valiente, E., & Zambrano, L. (2009). Recent decline and potential distribution in a critically endangered species. *Biological Conservation*, 142(12), 2727–2734.
- Daszak, P., Cunningham, A. A., & Hyatt, A. D. (2000). Emerging infectious diseases of wildlife—threats to biodiversity and human health. *Science*, 287(5452), 443–449.
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: an overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296.
- Fisher, M. C., Garner, T. W. J., & Walker, S. F. (2009). Global emergence of *Batrachochytrium dendrobatidis* and amphibian chytridiomycosis. *Annual Review of Microbiology*, 63, 291–310.
- Gascon, C., Collins, J. P., Moore, R. D., Church, D. R., McKay, J. E., & Mendelson, J. R. (Eds.). (2007). *Amphibian Conservation Action Plan*. IUCN/SSC.
- IUCN. (2022). *Ambystoma mexicanum*. The IUCN Red List of Threatened Species.
- Jeffries, D. L., et al. (2021). A chromosome-scale genome assembly of the axolotl. *Nature Communications*, 12.
- Mancilla-Simbro, C., Pérez-Cortés E. J., Hurtado-Madrid E., Cruz-Soto, M.E., Salinas-Stefanon, E., A. Ramírez-Mata. (2018) Eugene Garfield: Pionero de la bibliometría EUGENE GARFIELD: PIONERO DE LA BIBLIOMETRÍA EUGENE GARFIELD: A PIONEER OF BIBLIOMETRICS. RD-ICUAP. Año 4, N° 1, enero-mayo de 2018. 04-2016-061414333700-203.
- Monaghan, J. R., et al. (2014). Early cell fate specification during axolotl limb regeneration. *Development*, 141(14), 2853–2861.
- Nowoshilow, S., Schloissnig, S., Fei, J.-F., et al. (2018). The axolotl genome and the evolution of key tissue formation regulators. *Nature*, 554(7690), 50–55.
- Priem, J., Piwowar, H., & Orr, R. (2022). OpenAlex: a fully-open index of scholarly works, authors, venues, institutions, and concepts. arXiv.
- Pritchard, A. (1969). *Statistical bibliography or bibliometrics?* Alantis Press.
- Roy, S., & Gatién, S. (2008). *Regeneration of axolotl limbs*.



- Seminars in Cell & Developmental Biology, 19(6), 583–590.
- Scheele, B. C., Pasmans, F., Skerratt, L. F., et al. (2019). Amphibian fungal panzootic causes catastrophic and ongoing loss of biodiversity. *Science*, 363(6434), 1459–1463.
- SEMARNAT. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación.
- Shaw, G., and F. P. Nodder. 1798. *The Naturalist's Miscellany; or Coloured Figures of Natural Objects Drawn and Described Immediately from Nature*. Volume 9. London
- Skerratt, L. F., Berger, L., Speare, R., et al. (2007). Spread of chytridiomycosis has caused the rapid global decline and extinction of frogs. *EcoHealth*, 4(2), 125–134.
- Smith, J. J., Timoshevskaya, N., Timoshevskiy, V. A., Keinath, M. C., Hardy, D., & Voss, S. R. (2019). A chromosome-scale assembly of the axolotl genome. *Genome Research*, 29(2), 317–324.
- Stocum, D. L. (2017). Mechanisms of urodele limb regeneration. *International Journal of Developmental Biology*, 61(10–11), 639–647.
- Stuart, S. N., Chanson, J. S., Cox, N. A., et al. (2004). Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*, 306(5702), 1783–1786.
- Tanaka, E. M., & Reddien, P. W. (2011). The cellular basis for animal regeneration. *Developmental Cell*, 21(1), 172–185.
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523–538.
- Voss, S. R., Epperlein, H. H., & Tanaka, E. M. (2009). *Ambystoma mexicanum*, the axolotl: a vertebrate model of regeneration. Cold Spring Harbor Protocols.
- Voyles, J., Young, S., Berger, L., et al. (2009). Pathogenesis of chytridiomycosis. *Science*, 326(5952), 582–585.
- Zambrano, L., Vega, E., Herrera, L. G., Prado, E., & Reynoso, V. H. (2010). A new perspective on the conservation of *Ambystoma mexicanum*. *Biological Conservation*, 143(3), 598–608.



BIBLIOMÉTRICO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA SOBRE *Ambystoma mexicanum* (CAUDATA: AMBYSTOMATIDAE): TENDENCIAS, VACÍOS Y ENFOQUES BIOTECNOLÓGICOS PARA SU CONSERVACIÓN. Revista Ciencia Veterinaria y Biotecnología. Rev Cien Vet Bio 2026; 3 (1): 91-101.