



Original article

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-Simbro³, 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

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.

³HybridLab Fisiología y Biología Molecular de Células Excitables, Instituto de Fisiología, BUAP, 14 Sur 6301, CU San Manuel, 72570, Puebla, Pue., México.

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

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

*Autor de correspondencia: arnulfo.villanueva@correo.buap.mx

Recibido 02-04-2026; Formulario revisado 20-05-2026; Aceptado 24-06-2026

RESUMEN: *Ambystoma mexicanum* (Shaw y Nodder, 1798), 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 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* (Shaw and Nodder, 1798), the axolotl, is a urodele amphibian endemic to the Mexico Basin and critically endangered. Beyond its cultural and ecological value, it is an internationally relevant biological model for developmental biology, regeneration and genomics. This study analyzes the worldwide scientific production on *A. mexicanum* recorded in the open database OpenAlex during 2000–2026. A total of 4 242 documents were retrieved, with sustained growth from 33 publications in 2000 to more than 370 in 2023. Original articles represented 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). The thematic analysis showed a focus on genetics, cell biology, and regeneration, while areas like conservation, new diseases, and applied biotechnology were less represented. The results highlight chances to improve health and biotechnological research as tools for conservation.

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 y 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 regenerar extremidades, 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 y Reddien, 2011; Nowoshilow et al., 2018). A esta importancia se suma un interés creciente en herramientas biotecnológicas para conservarla, 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, y orientar prioridades de investigación (Pritchard, 1969; van Eck y Waltman, 2010; Donthu et al., 2021). El objetivo de este trabajo fue estudiar 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 y biotecnología, y se analizó su relevancia 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 llevó a cabo en la base de datos abierta OpenAlex, que integra y normaliza registros de Crossref, repositorios y revistas indexadas (Priem et al., 2022). La consulta se realizó el 25 de junio de 2026.

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 $\text{score} \geq 0,35$.

Indicadores y análisis. Se evaluaron producción anual, autores, instituciones, países, fuentes, tipología documental y coocurrencia de términos. Se elaboraron mapas de visualización con VOSviewer (van Eck y Waltman, 2010) y NetworkX. El análisis 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.

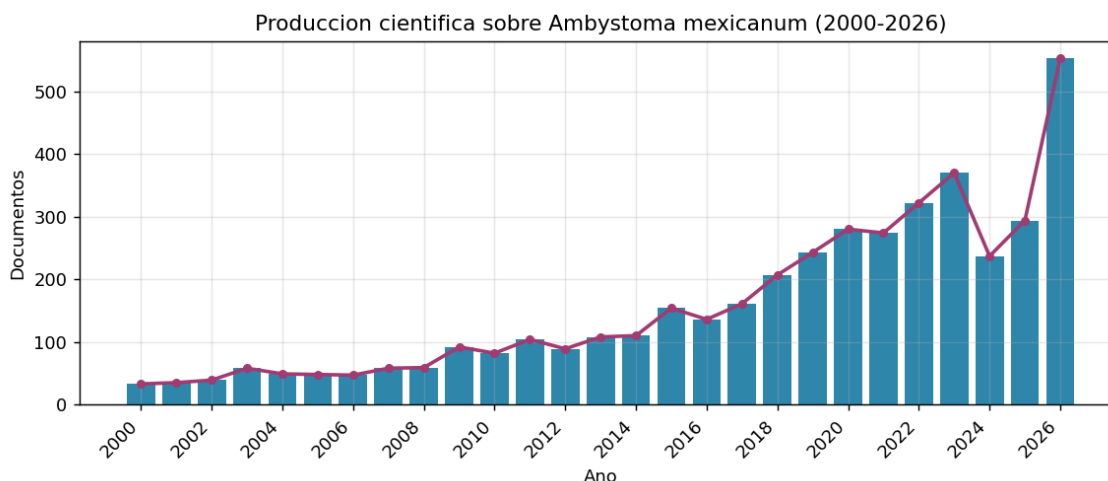


Figura 1. Evolución temporal de la producción científica sobre *Ambystoma mexicanum* (2000–2026). Fuente: Elaboración propia con datos de OpenAlex.

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.



Distribucion de la produccion por tipo documental

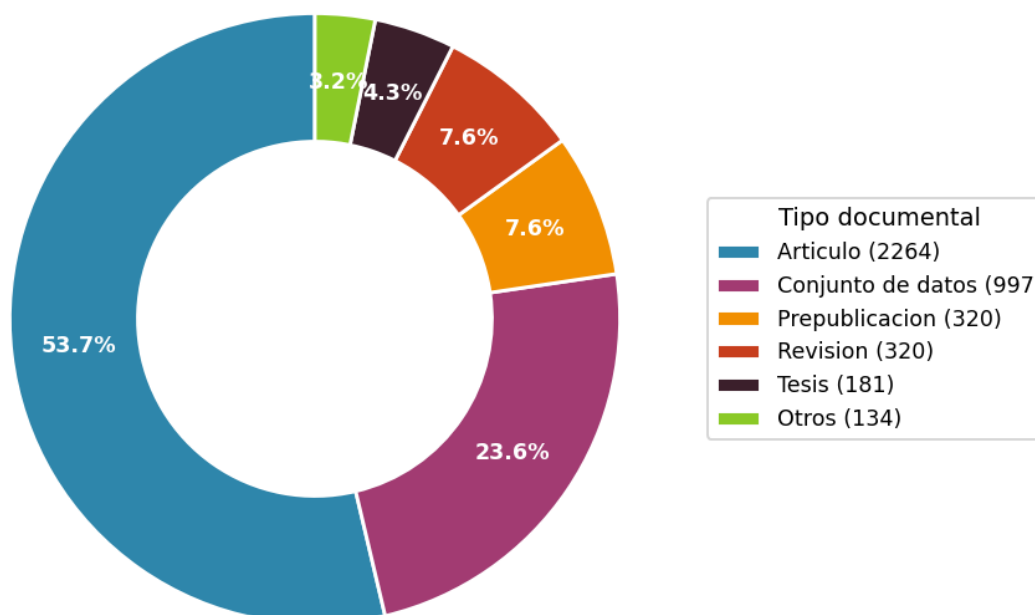


Figura 2. Distribución de la producción por tipo documental.

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.

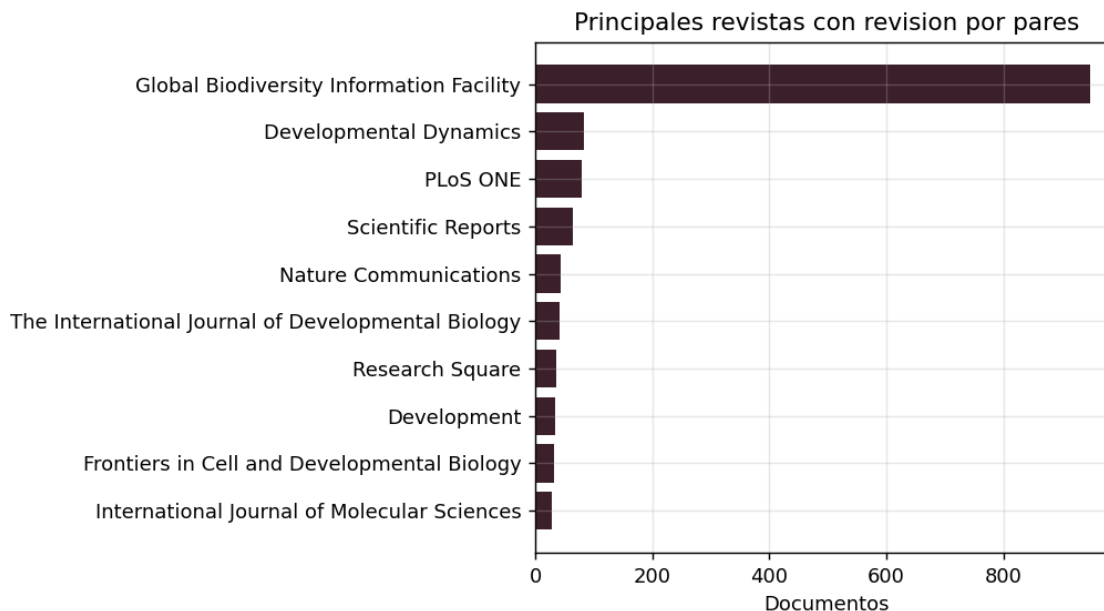


Figura 3. Principales revistas con revisión por pares sobre *A. mexicanum*.

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 (1

105), 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.

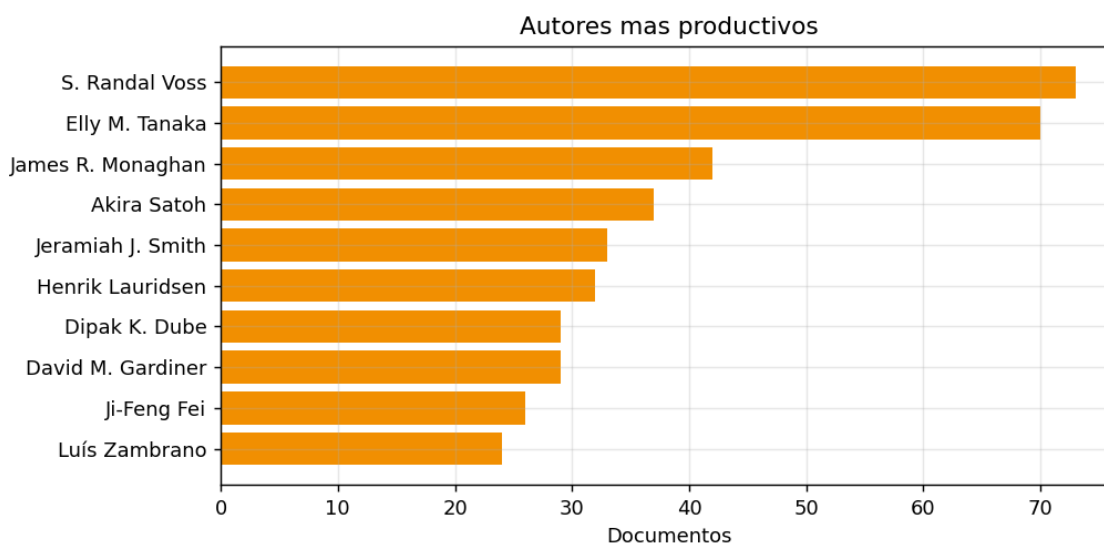




Figura 4. Autores con mayor producción científica sobre *A. mexicanum*.

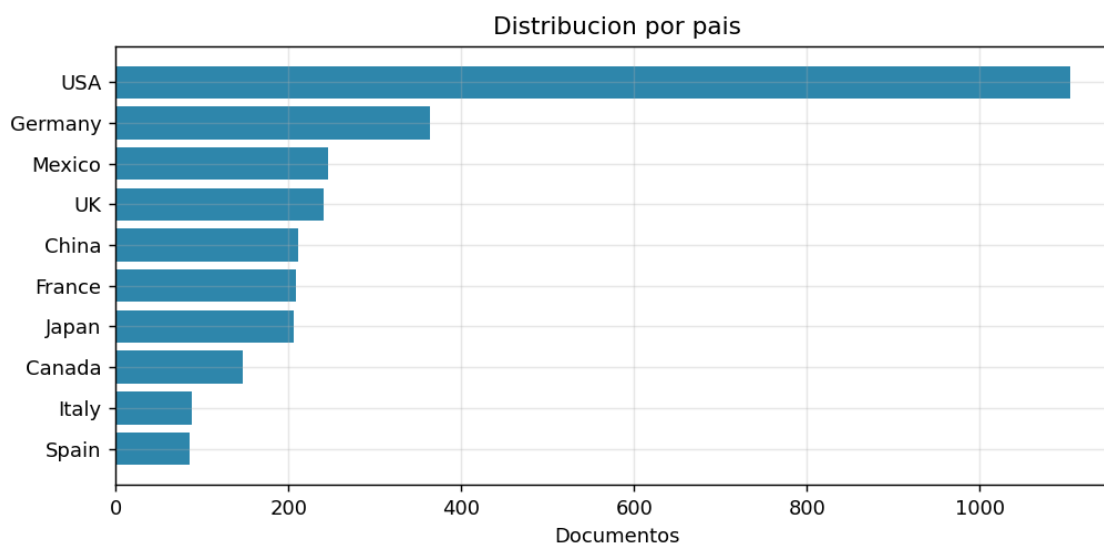


Figura 5. Distribución geográfica de la producción científica.

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.



Red de coocurrencia temática (OpenAlex, 2013-2026)

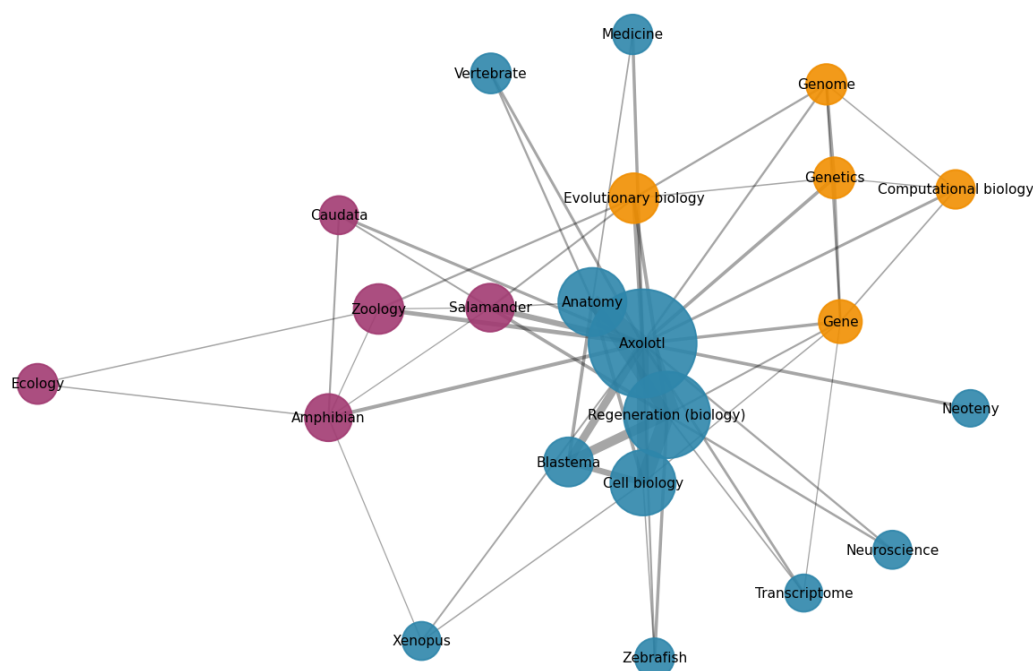


Figura 6. Red de coocurrencia temática (OpenAlex, 2013–2026). El tamaño del nodo es proporcional a su frecuencia y el color al clúster temático.

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 y 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. MAZG: Investigación, redacción, revisión y edición. FRA: Investigación, curaduría de datos. JRCA: 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 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.
- 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., & Gaten, 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.
- 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.

Copyright: © 2026 Arnulfo Villanueva-Castillo. This is an open-access article published under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited. Competing Interests: The authors have declared that no competing interests exist. Please cite this article as: Arnulfo Villanueva-Castillo, Ruby S. Moreno-Mejía, César F. Pastelín-Rojas, Claudia Mancilla-Simbro, Briseida L. Castro-Bautista, Erick C. Fernández-Meneses, Miguel Á. Zambrano-González, Fabiola Rodríguez-Andrade, Juan R. Cruz-Aviña, Jesús J. Hinojosa-Moya, Hermilo Lucio-Castillo. ANÁLISIS 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.