

IMPORTANCIA DEL CONOCIMIENTO DEL APARATO REPRODUCTOR MASCULINO DE AJOLOTE MEXICANO (*Ambystoma mexicanum*)

Miguel Rafael Olguín-Reyes*, Julián Torres-Gloria, Uriel Ángel Sánchez-Rivera,
Alicia Alcántar-Rodríguez, José Alfredo Medrano-Hernández, María del Carmen
Espejel-del Moral.

*Laboratorio de reproducción animal. Unidad de Investigación Multidisciplinaria.
FES Cuautitlán, UNAM*

[*mvzjager@gmail.com](mailto:mvzjager@gmail.com)

Resumen

La biología reproductora de una especie es la combinación de características fisiológicas, anatómicas y conductuales que participan de manera coordinada bajo ciertas condiciones ambientales. La reproducción de los ajolotes se da cuando se presenta el cortejo, posterior el macho libera sus espermatozoides rodeados de una capa de moco conocido como espermatóforo en el agua y la hembra recoge este espermatóforo dando lugar a una fertilización interna para posterior liberar los huevos fertilizados. Conocer la anatomía reproductiva en los animales silvestres es esencial para el mantenimiento, la preservación, así como la implementación de biotecnologías encaminadas a la conservación. Por ello se planteó la descripción del aparato reproductor en el macho de ajolote de Xochimilco para establecer las diferencias respecto a otros vertebrados. Los anfibios tienen una gran variedad de estrategias reproductivas, lo cual sugiere variaciones morfológicas y funcionales en los órganos sexuales; estas estrategias son una respuesta directa a la influencia de factores presentes en la vida de los anfibios como: desecación de los huevos fertilizados, depredación, competencia entre

especies, enfermedades y parásitos. La diferenciación sexual en esta especie es tardada debido a que para la identificación entre macho y hembra se da por los caracteres sexuales secundarios los cuales llegan a ser visibles a la etapa de madurez de la especie. Se realizó la necropsia de 2 individuos de diferentes edades para la descripción del aparato reproductor para, de esta manera poder implementar una técnica eficiente para la obtención de gametos para el desarrollo de las biotecnologías reproductivas sin poner en riesgo la vida de los organismos.

Palabras clave: Anatomía, morfología, anfibios, testículos, conservación.

Introducción

La modificación del clima, la destrucción del hábitat, y el surgimiento de enfermedades infecciosas han producido un declive en la población mundial de anfibios (Stuart *et al.*, 2004). Esto supone un desbalance ambiental fuerte entre las especies acuáticas y terrestres (Hillman *et al.*, 2008). Actualmente hay más de 147.500 especies en la Lista Roja de UICN, con más de 41000 especies amenazadas de extinción las cuales requieren de programas de reproducción *ex situ* para su sobrevivencia (IUCN, 2022). El orden Caudata está compuesto de 774 especies entre las que se encuentra el género *Ambystoma* (AmphibianWeb, 2022). El ajolote (*A. mexicanum*) es un anfibio neoténico; es decir, adquieren la madurez sexual mientras mantienen un aspecto juvenil, lo cual ha sido de interés para los estudios de reproducción (Smith, 1989). Presentan cuerpos robustos y largos que alcanzan una longitud hocico-cloaca de hasta 34 cm, con una cola aplanada lateralmente (Canseco *et al.*, 2010). Su fecundación es interna y las larvas eclosionan con branquias. Al encontrarse en peligro de extinción, el ajolote mexicano se incluye dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 lo cual, al tratarse de una especie endémica de nuestro país, nos obliga a reconocer la importancia de tener la mayor cantidad de información reproductiva. El conocimiento de

aspectos reproductivos en los vertebrados en ocasiones se limita a ciertas especies predilectas para la investigación, lo cual deja a un gran número de especies fuera de la investigación (Lombardi, 1998). Los esfuerzos por proteger a los animales de la extinción se han encaminado a la criopreservación de espermatozoides manteniéndolos viables por años (Agca y Critser, 2002). Además, la inseminación de la hembra a partir de múltiples muestras de ejemplares para asegurar la variación genética (Beesley *et al.*, 1998). Estos estudios se han realizado particularmente en los anuros (ranas). El ajolote se ha convertido en una especie popular en la experimentación de la biología del desarrollo y genética (Humphrey, 1975). Por lo que la ciencia reproductiva juega un papel importante en la conservación de esta especie ya que busca el desarrollo de nuevas biotecnologías en la asistencia de la reproducción como lo es la inseminación artificial, la fertilización *in vitro*. Los métodos más utilizados en la colección de espermatozoides en caudados son la extracción y maceración de testículos y la inducción hormonal (Byrne *et al.*, 2002). Al ser técnicas invasivas ponen en riesgo la vida de los animales a estudiar. Por lo anterior, el desarrollo de una técnica eficiente para la obtención de gametos requiere del conocimiento de la biología reproductora de la especie.

Objetivo

El objetivo de este trabajo es establecer la importancia del conocimiento anatómico del aparato reproductor para el desarrollo de tecnologías reproductivas en el macho de ajolote.

Materiales y métodos

Se realizó la necropsia de dos machos de ajolote de Xochimilco de 1 y 3 años aproximadamente. Se realizó teniendo en cuenta puntos clave de la necropsia como: revisión externa, incisión primaria, incisión secundaria para la descripción de los órganos reproductivos. En la revisión externa se observó la integridad de la piel, branquias y se realizó la revisión de los miembros y sus dedos. Se finalizó la inspección externa identificando las características sexuales secundarias, en el macho se identificó un mayor desarrollo de las glándulas cloacales. Para la incisión primaria se levantó la piel con navaja de bisturí para separar la piel del tejido subcutáneo y músculos. Posteriormente al ingreso a la cavidad celómica, se expusieron los órganos en su posición original para la identificación, y descripción incluyendo características como tamaño, integridad, coloración y si tienen adherencias. Al retirar los órganos se realizó una doble ligadura a nivel de la zona del esófago y otra en la porción final del recto para posteriormente cortar y poder retirar las vísceras completamente. Se retiró el tracto digestivo y respiratorio para localizar los riñones que se utilizan como referencia anatómica a los testículos, debido a la estrecha relación entre estas estructuras.

Resultados

No se encontraron señales de lesiones externas, mediante la observación de las glándulas cloacales aumentadas se identificaron como machos (Figura 1).



Figura 1. Corresponde a la revisión externa del ajolote.

Se identificaron los órganos en cavidad celómica ver Figura 2B. Los testículos se encontraron en una posición media, relacionados a la parte dorsal de la cavidad celómica por lo que para su



exposición directa fue necesario el retirar órganos. Se encontraron como órganos pares conectados mediante el conducto deferente hacia el canal lateral del riñón, con la región genital del riñón, el canal primario urinario y finalizó en la cloaca.

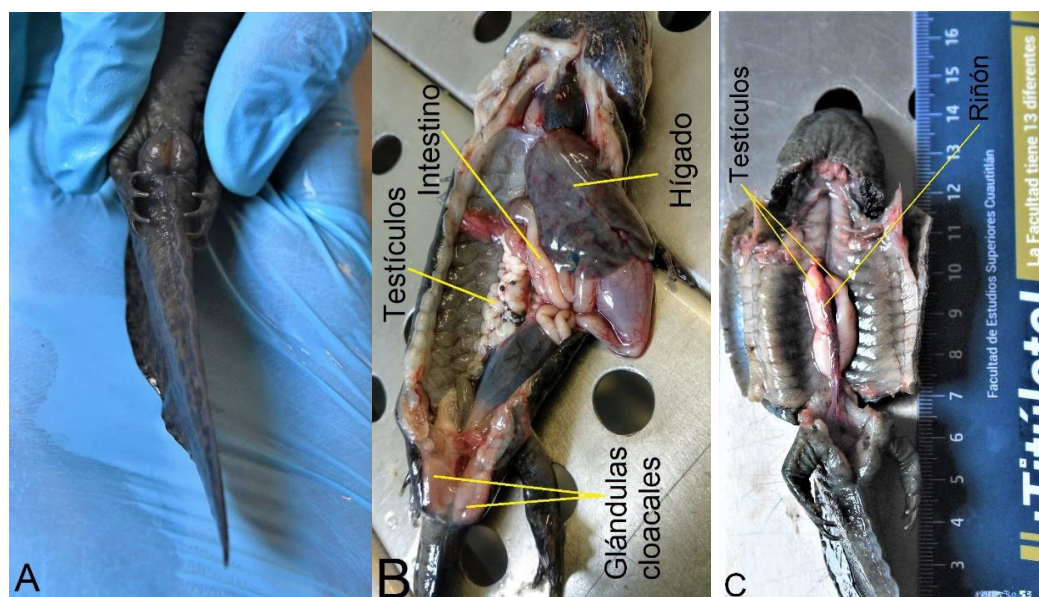


Figura 2. A) Identificación del sexo del individuo por observación de rasgos sexuales secundarios, glándulas cloacales. B) Identificación de órganos en la necropsia del macho adulto de 3 años. C) Identificación de testículos y riñón de Ajolote joven.

Los testículos encontrados en el macho de 3 años se encontraron blanquecinos con múltiples lóbulos de 4 cm aproximados de longitud (Figura 3). Los testículos encontrados en el macho de 1 año se encontraban lisos sin lóbulos de un color blanco aperlado, de 2 cm aproximados de longitud con notable irrigación, se retiraron los testículos junto a los riñones dando lugar a la identificación de la región genital (craneal) y región pélvica (caudal).

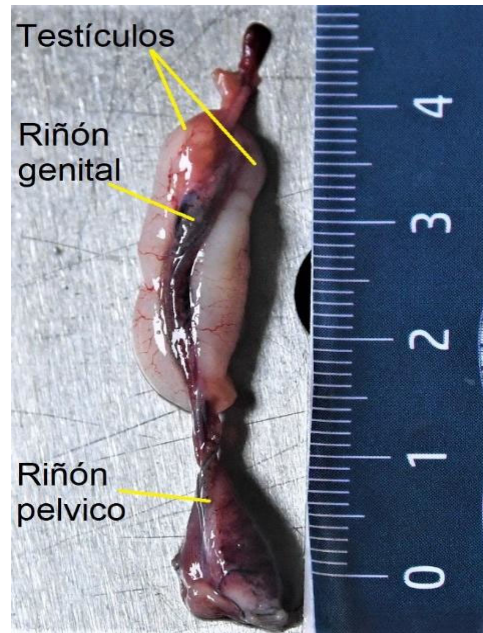


Figura 3. testículos de ajolote juvenil nótese la estrecha relación anatómica con el riñón.

Discusión

El desarrollo de múltiples protocolos en la colecta de gametos de anfibios está asociado a la compleja historia reproductiva de los anfibios (Jamieson, 1991). Entre los anuros existen diferentes grados de asociación entre la estructura genital y urinaria (Blüm, 1986). En los anfibios del orden Caudata los testículos son órganos pareados alargados y en algunas especies de anfibios son segmentados con múltiples lóbulos, lo cual está relacionado con la edad de los individuos (Valdivieso y Tamsitt, 1965). Cada lóbulo es una estructura funcional en la cual se lleva a cabo la espermatogénesis mediante quistes que contienen diferentes estadios de los espermatozoides en su proceso de maduración. Los riñones y los testículos están estrechamente relacionados. El riñón de las salamandras está dividido en una región pélvica o caudal la cual está destinada a la filtración y formación de la orina,

la región genital o craneal está destinada al transporte de los espermatozoides (Siegel *et al.*, 2010). En la familia *Plethodontidae* se han observado diferencias en la organización estructural entre testículos y riñón con la falta de regionalidad en el transporte de espermatozoides (Williams *et al.*, 1984). Los espermatozoides son liberados de los quistes al lumen de los lóbulos, siguen su recorrido por los conductos eferentes que se encuentran localizados entre los testículos y la porción anterior del riñón (Lombardi, 1998). Los espermatozoides llegan a un conducto primario urinario que desemboca en una ampolla y es donde el contenido es liberado por la cloaca (Aranzábal, 2003). Los espermatozoides son liberados al ambiente en forma de espermátóforo, el que recoge la hembra para continuar con el proceso de reproducción en esta especie. El estudio y reconocimiento de las características anatómicas reproductivas de la especie pueden ser de gran utilidad en la formación de protocolos destinados a la colección y posterior evaluación de espermatozoides, mediante la inducción hormonal (Costanzo *et al.*, 1998; Silla y Roberts. 2012). O la obtención de espermátóforos mediante métodos menos invasivos que no impliquen la maceración de testículos que pueden afectar la fertilidad o poner en riesgo la vida de los organismos con el fin de extender en *A. mexicanum* el desarrollo de biotecnologías reproductivas.

Conclusión

Estudiar la anatomía reproductiva permitirá el extender los estudios al desarrollo de biotecnologías reproductivas.

Agradecimientos

Agradecimientos a proyectos PAPIIT IN205421, C2214.

Referencias

Agca, Y., & Critser, J.K. (2002). Cryopreservation of spermatozoa in assisted reproduction. In *Seminars in reproductive medicine*, 20(01): 015-024. Copyright© 2002 by Thieme Medical Publishers, Inc., 333 Seventh Avenue, New York, NY 10001, USA.

AmphibiaWeb. (2022). <<https://amphibiaweb.org>> University of California, Berkeley, CA, USA. Accessed 20 July 2022.

Aranzábal, M.U. (2003). The testes, spermatogenesis and male reproductive ducts. *Reproductive Biology and Phylogeny of Urodela. New Hampshire: Science Publishers, Inc*, 183-202.

Beesley, S.G., Costanzo, J.P., & Lee Jr, R.E. (1998). Cryopreservation of spermatozoa from freeze-tolerant and-intolerant anurans. *Cryobiology*, 37(2): 155-162.

Blüm, V. (1986). Reproductive Behaviour. In *Vertebrate Reproduction* Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 211-229.

Byrne, P., Roberts, J., & Simmons, L. (2002). Sperm competition selects for increased testes mass in Australian frogs. *Journal of Evolutionary Biology*, 15(3), pp.347-355.

Canseco, M.L., Mayen, G., & Guadalupecoaut, M. (2010). *Anfibios y reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán* (No. C/597.9097248 C3).

Costanzo, J.P., Mugnano, J.A., Wehrheim, H.M., & Lee Jr, R.E. (1998). Osmotic and freezing tolerance in spermatozoa of freeze-tolerant and-intolerant frogs. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 275(3): R713-R719.

Hillman, S.S., Withers, P.C., Drewes, R.C., & Hillyard, S.D. (2008). *Ecological and environmental physiology of amphibians*. Oxford University Press, USA. ISBN13: 978-0-19-857032-5.

Humphrey, R.R. (1975). The axolotl, *Ambystoma mexicanum*. In *Handbook of genetics*. Springer, Boston, MA. pp. 3-17.

IUCN. (2022). *The IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2022-1. <https://www.iucnredlist.org>. Accessed on 20 July 2022.

Jamieson, B.G., & Leung, L.P. (1991). *Fish evolution and systematics: evidence from spermatozoa: with a survey of lophophorate, echinoderm and protochordate sperm and an account of gamete cryopreservation*. Cambridge University Press.

Lombardi, J. (1998). *Comparative vertebrate reproduction* (Vol. 792383362). Boston: Kluwer Academic Publishers.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación (DOF), jueves 30 de diciembre de 2010.

Siegel, D.S., Sever, D.M., & Aldridge, R.D. (2010). The pelvic kidney of male *Ambystoma maculatum* (Amphibia, Urodela, Ambystomatidae) with special reference to the sexual collecting ducts. *Journal of Morphology*, 271(12): 1422-1439.

Silla, A.J., & Roberts, J.D. (2012). Investigating patterns in the spermiation response of eight Australian frogs administered human chorionic gonadotropin (hCG) and luteinizing hormone-releasing hormone (LHRHa). *General and Comparative Endocrinology*, 179(1): 128-136.

Smith, H.M. (1989). Discovery of the axolotl and its early history in biological research. *Developmental biology of the axolotl*, 3-12.

Stuart, S.N., Chanson, J.S., Cox, N.A., Young, B.E., Rodrigues, A.S., Fischman, D.L., & Waller, R.W. (2004). Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*, 306(5702): 1783-1786.

Valdivieso, D., & Tamsitt, J.R. (1965). Reproduction in a neotropical salamander, *Bolitoglossa adspersa* (Peters). *Herpetologica*, 21(3): 228-236.

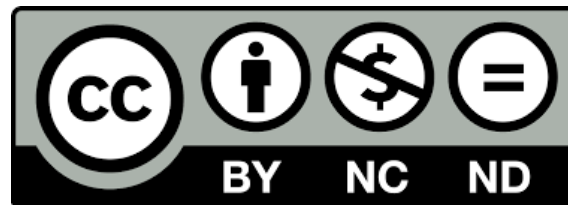
Williams, A.A., Brandon, R.A., & Martan, J. 1984. Male genital ducts in the salamanders *Eurycea lucifuga* and *Eurycea longicauda*. *Herpetologica*, 322-330.



D. R. © UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

Excepto donde se indique lo contrario esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución No comercial, No derivada, 4.0 Internacional (CC BY NC ND 4.0 INTERNACIONAL).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



ENTIDAD EDITORA

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

Av. Universidad 3000, Universidad Nacional Autónoma de México, C.U., Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México.

FORMA SUGERIDA DE CITAR:

Olguín-Reyes, M. R., Torres-Gloria, J., Sánchez-Rivera, U. A., Alcántar-Rodríguez, A., Medrano-Hernández, J. A., y Espejel del Moral, M. C. (2022). Importancia del conocimiento del aparato reproductivo masculino de Ajolote mexicano (*Ambystoma mexicanum*). *MEMORIAS DEL CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA (CONATEC)*, Año 5, No. 5, septiembre 2022 - agosto 2023. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM.

https://tecnicosacademicos.cuautitlan.unam.mx/CongresoTA/memorias2022/mem2022_CartelPaper1.html