

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL
LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

PROYECTO DE SERVICIO SOCIAL

**Determinación de la carga de helmintos en ajolotes de Xochimilco
(*Ambystoma mexicanum*)**

Prestadora de servicio social:

Marina Esperanza Carbajal Saturnino

Matrícula: 2173027213

Asesor interno: Dra. Claudia Irais Muñoz García 

Número económico: 36943

Lugar de realización:

Laboratorio de Parasitología Veterinaria y Laboratorio de Histopatología Veterinaria del DPAyA, edificio E, planta baja. Unidad Xochimilco.

Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuemanco (CIBAC). Antiguo Canal Cuemanco 3, Pista Olímpica Virgilio Uribe, Xochimilco, CDMX.

Fecha de inicio y término:

05 de febrero del 2023 – 06 de agosto del 2023

Índice

1. Resumen.....	1
2. Introducción.....	2
3. Planteamiento del problema y justificación.....	3
4. Objetivos.....	4
5. Antecedentes.....	4
6. Materiales y métodos.....	8
7. Metas alcanzadas.....	9
8. Resultados y discusión.....	10
9. Recomendaciones.....	13
10. Referencias bibliográficas.....	15

1. Resumen

El ajolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*) es una especie endémica del sistema lacustre del valle de México. Desafortunadamente, la población de estos ajolotes ha ido en declive debido a que su hábitat ha sido alterado por diversas actividades antropogénicas. Existe un fuerte interés por reintroducir esta especie, sin embargo, su reproducción en cautiverio enfrenta grandes retos asociados a mantener su salud, como la falta de información sobre los patógenos existentes y sus efectos sobre él. Por lo anterior, es importante realizar estudios que generen información que ayude al abordaje de sus enfermedades, apoyando así a los programas de conservación. Por lo tanto, el objetivo de este proyecto fue determinar la carga de helmintos en ejemplares de ajolote de Xochimilco. Los ejemplares se obtuvieron de un banco de individuos del CIBAC que murieron por causas que aún están en proceso de determinación en un estudio paralelo. La disección y cuantificación se llevó a cabo bajo el microscopio estereoscópico y la clasificación taxonómica se realizó hasta el nivel máximo posible con ayuda de claves de identificación a través de las cuales se compararon las características particulares de hembras y machos, así como sus medidas. De los 162 ejemplares de ajolote procesados el 80.3% fueron negativos y el 19.7% restante positivos. De total de nematodos encontrados el 59.6% estaban en su fase larvaria, mientras que el 40.3% restante eran adultos. Las medidas de las estructuras anatómicas registradas se obtuvieron de un total 22 nematodos adultos, de los cuáles se midió largo total, largo del esófago, diámetro del bulbo esofágico, largo de la espícula en machos y distancia de la punta anterior a la apertura genital en hembras, así como largo y ancho de los huevos más cercanos a la apertura vulvar. De acuerdo con las características morfológicas y las medidas obtenidas, se sugiere corresponden al subgénero *Chabaudgolvania*. Sin embargo, algunos autores mencionan que existen inconsistencias en la clasificación de este y el subgénero *Megalobatrachonema*, por lo que es necesario completar su clasificación a través de estudios moleculares.

2. Introducción

El ajolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*) es endémico del sistema lacustre del valle de México, es un anfibio caudado perteneciente a la familia Ambistomatidae que abarca 32 especies de las cuales 16 son mexicanas. El nombre ajolote en náhuatl (axolotl) quiere decir “xólotl de agua” y se ha traducido como “monstruo acuático” o “gemelo de agua”, hace referencia al dios Xólotl que es el doble de Quetzalcóatl, siendo Quetzalcóatl el “gemelo precioso” y Xólotl es el “gemelo monstruoso”. Es un organismo que por su importancia en el ecosistema y su trascendencia histórica es considerado como emblema y orgullo de México (Mena-González y Servín-Zamora, 2014).

La población de estos ajolotes ha ido en declive debido a que su hábitat ha sido alterado por diversas actividades antropogénicas; como la contaminación, urbanización, captura ilegal para su consumo o como mascota, e introducción de especies exóticas las cuales compiten por el alimento o se alimentan de las crías del ajolote, estas condiciones favorecen un inadecuado estado de salud de la población, lo que los vuelve más susceptibles a agentes patógenos, que también podrían ser una de las causas que ocasionen disminución de estos anfibios (Olascoaga-Elizarraraz *et al.*, 2021 y Griffiths *et al.*, 2008)

Ambystoma mexicanum está categorizado como en Peligro de Extinción (Pr) por la NOM 059-SEMARNAT-2019, catalogado en la Lista Roja de la Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza (IUCIN, por sus siglas en inglés) como especie en Grave Peligro de Extinción (CR) y en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna (CITES, por sus siglas en inglés) donde el intercambio internacional está permitido, pero de manera controlada (Olascoaga-Elizarraraz *et al.*, 2021; Mena-González y Servín-Zamora, 2014).

El interés por esta especie ha ido creciendo considerablemente y se ha convertido en el anfibio más usado como modelo de investigaciones biomédicas, de biología

evolutiva y desarrollo, principalmente porque los ajolotes presentan una característica denominada “neotenia”, que es la conservación de rasgos juveniles y/o larvarias como la retención de branquias externas, una cola serpenteante y la ausencia de párpados en su etapa adulta y por su capacidad regenerativa, que le permite reconstruir diversos órganos en cualquier etapa de su vida (Antonio-Tobón *et al.*, 2021).

Esto ha favorecido que en los últimos años se implementen múltiples estrategias para su conservación, principalmente el mantenimiento en cautiverio bajo cuidado humano que permite garantizar una vigilancia adecuada para mantener a los ajolotes en cautiverio libres de enfermedades y así poder desarrollar adecuadamente los programas de conservación y recuperación de esta especie con el fin de mantener poblaciones cautivas que puedan ser reintroducidas cuando las condiciones para su hábitat sean adecuadas (Griffiths *et al.*, 2008)

Sin embargo, reintroducir a los ajolotes al lago de Xochimilco es una labor que presenta múltiples retos, ya que el hábitat sigue presentando los obstáculos mencionados anteriormente y hay poca información en el área de salud, incluidos sus patógenos, lo que dificulta un manejo adecuado en su mantenimiento en cautiverio.

3. Planteamiento del problema y justificación

El ajolote de Xochimilco es un anfibio caudado que se encuentra en declive debido a las condiciones de su hábitat. Existe un fuerte interés por reintroducir a esta especie, prueba de ello son las colonias de reproducción de estos ejemplares, como la del Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuemanco (CIBAC) de la UAM Xochimilco. Sin embargo, su reproducción en cautiverio enfrenta grandes retos asociados a mantener su salud, como la falta de información sobre los patógenos existentes y sus efectos sobre él. Los patógenos de etiología parasitaria, bacteriana, viral y fúngica son prácticamente desconocidos, de hecho, recientemente solo existe un registro de helmintos (*Eustrongylides*) presentes en la

especie; por lo que el registro de sus helmintos y la carga parasitaria en la que se encuentran es apremiante. Por lo anterior, es importante documentar dichos organismos, para generar conocimiento que ayude al abordaje de sus enfermedades, en las áreas de diagnóstico, prevención, control y tratamiento apoyando así a los programas de conservación *in situ* y *ex situ*.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Determinar la carga de helmintos en Ajolotes de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*) del CIBAC.

4.2 Objetivos específicos

- Realizar disección de al menos 50 individuos de ajolote de Xochimilco del banco de muestras de ejemplares conservados en formol muertos por causas naturales en el CIBAC.
- Buscar y cuantificar los helmintos bajo el microscopio estereoscópico.
- Realizar la identificación morfométrica de los helmintos encontrados.

5. Antecedentes

5.1 Clasificación taxonómica

De acuerdo con Mena-González y Servín-Zamora (2014) y la UICN (2010) la clasificación taxonómica del ajolote de Xochimilco es la siguiente:

Reino: Animalia

Phylum: Chordata

Clase: Amphibia

Orden: Caudata (Urodela)

Sub-orden: Salamandroidea

Familia: Ambystomatidae

Género: *Ambystoma*

Especie: *Ambystoma mexicanum*

Nombre común: Ajolote de Xochimilco

5.2 Ciclo de vida

En general los anfibios tienen dos estados morfológicos: larva acuática y adulto terrestre, y la transición entre los dos estados se conoce como metamorfosis (Cota-Hiriart, 2016). Sin embargo, los ajolotes se caracterizan por presentar neotenia, que hace referencia a que los adultos suelen conservar características de individuos juveniles, exactamente mantienen las branquias externas, la aleta de la cola, la ausencia de párpados y un sistema de excreción amoniolético, rasgo que lo restringe a un estado acuático. Dicho de otra forma, no presenta metamorfosis en estado silvestre, pero a pesar de esto, alcanzan su madurez reproductiva aún en presencia de caracteres larvales (Molina, 2010).

En esta especie no existe dimorfismo sexual, por lo que resulta difícil diferenciar a simple vista a los machos de las hembras, alcanzan la madurez sexual entre los 6 meses y 18 meses de edad, dependiendo de la calidad de la alimentación, temperatura y parámetros bioquímicos del agua. El promedio de vida de *A. mexicanum* en condiciones óptimas en laboratorio es de 10 a 12 años y en vida silvestre máximo 3 años (Molina, 2010 y Biasutti, 2006).

5.3 Anatomía

Los ajolotes presentan un cuerpo anguiliforme, su piel es lisa, con numerosos poros, glandular y húmeda, presentan diversos colores desde negro, verde oscuro, diferentes tonos de marrón, amarillo, gris, rosados y pueden ser totalmente negros o presentar manchas dispersas por todo el cuerpo, la parte inferior de la garganta y la región ventral son de color crema o amarillo, también pueden ser albinos donde tienen una coloración total blanquecina o amarillenta con branquias y ojos rojos o leucísticos que se diferencia con los albinos por el color de ojos, siendo en este último de un tono oscuro. Su cuerpo es robusto, con 11 pliegues intercostales a los lados, presenta una cabeza ancha y aplanada, tienen una boca grande y sus ojos que son pequeños carecen de párpados, la cola es aplanada lateralmente y poseen patas con cuatro dedos en los miembros anteriores y cinco en los miembros posteriores, y ninguno de los dedos cuenta con membranas interdigitales. (Biasutti,

2006 y Ortega-Cambranis, 1999). Su tamaño varía entre 25 a 30 cm en su etapa adulta y en condiciones apropiadas. La respiración se realiza por branquias en la fase larvaria, y al llegar a la edad adulta desarrollan unos pulmones muy rudimentarios, ya que, aunque sigue conservando las branquias, la mayor parte del proceso respiratorio se efectúa a través de la piel (respiración cutánea) (Biasutti, 2006).

5.4 Sistema digestivo

Los ajolotes presentan unas estructuras aserradas cartilagosas en el paladar inferior y superior, lo que les permite la sujeción de sus presas. La cavidad oral está separada del esófago por un esfínter, y su faringe interfiere más con el proceso respiratorio que con el digestivo. La digestión inicia en el esófago, con la producción de una sustancia mucosa y formas ciliadas que transportan el alimento hasta el estómago. El estómago es de tipo glandular y tubular en forma de “j”, presenta tres zonas bien delimitadas: el cardias, el fondo y el píloro, y es separado del intestino delgado por el esfínter pilórico. En esta especie a diferencia de otros vertebrados las secciones del intestino no son fácilmente diferenciables, por lo que sólo se puede decir que la parte anterior corresponde al intestino delgado y la parte posterior al intestino grueso (Mena-González y Servín-Zamora, 2014).

5.5 Parásitos en anfibios

Los ciclos de vida de los parásitos suelen estar relacionados con los hábitos de comportamiento y alimentación del hospedero, es así como, los anfibios vertebrados actúan como hospederos de diferentes grupos de organismos parásitos (Smyth y Smyth, 1980).

5.6 Enfermedades parasitarias en la familia Ambystomatidae

Recientemente en *A. mexicanum* solo existen reportadas dos especies de parásitos, que es el molusco *Lernaea* sp. y el nematodo *Eustrongylides* sp., este último en estadio larvario (Recuero *et al.*, 2010). Sin embargo, dentro de la familia Ambystomatidae hay reportes de protozoarios, nematodos y artrópodos (moluscos).

Dentro de los organismos parásitos más comunes en esta familia se encuentran los protozoarios, como *Opalina* spp. *Costia necatrix*, *Balantidium* spp. *Proteromonas* spp., *Hennyguya* spp. y *Protopalina* spp. (Servín, 2011).

Los nematodos que se han encontrado en el intestino y pulmones de otras especies de ajolote están: *Hedruris siredonis*, *Falcaustra chabaudi*, *Cosmocercoides dukae* y *Macroderoididae* sp., todos ellos como parásitos intestinales (Álvarez *et al.*, 2014), además de *Falcaustra elongata*, *F. mascula*, *Gorgoderina attenuata* y *F. mexicana* (Rodríguez *et al.*, 2013). En el tracto digestivo también hay reportes de *Megalobatrachonema elongata* o *Chabaudgolvania* spp., y algunas especies pulmonares que causan neumonía son *Rhabdias*, *Capillaria* y el protozoario *Entamoeba*. Finalmente, dentro de los ectoparásitos más comunes se encuentra *Lernaea* spp. que se observa anclado a la piel del ajolote y es un parásito de aproximadamente 22 mm de longitud, con cabeza en forma de ancla y penetra la piel del hospedero de forma fuerte y lesiva; se alimenta del tejido provocando inflamación, letargia y disminución de la condición corporal (Mena-González y Servín-Zamora, 2014).

5.7 Efectos de la carga parasitaria en anfibios

Aunque la extinción por enfermedades de etiología parasitaria es poco frecuente, existen registros de algunos padecimientos emergentes cuya patología depende de la carga parasitaria, los cuales podrían ocasionar afectaciones negativas en las poblaciones animales (Wilber *et al.*, 2022). De hecho, la aparición de nuevas enfermedades infecciosas (Emerging Infectious Diseases, EID) causadas por parásitos es una de las principales causas de disminución de anfibios (Price *et al.*, 2014). Estos parásitos pueden generar anomalías individuales, poblaciones y perjudicar la dinámica del ecosistema (Frainer *et al.*, 2018).

Los parásitos pueden causar directamente la patología a los hospederos de forma individual o indirectamente a través de la interacción con otros patógenos. Factores medioambientales como los pesticidas, la eutrofización y el paisaje impulsan las infecciones por macroparásitos de anfibios, por lo que los cambios medioambientales tendrán influencia significativa en las infecciones. Debido a lo

anterior, los macroparásitos de los anfibios tienen potencial como indicadores biológicos y medioambientales (Koprivnikar *et al.*, 2012).

Las enfermedades en anfibios en cautiverio y en vida libre no están ampliamente documentadas, excepto algunas que por su repercusión en las poblaciones son más notorias, como la trematodiasis causada por *Ribeiroia* o las infecciones por parásitos, especialmente nematodos rhabditiformes tales como *Rhabdias* spp. (gusano pulmonar) o *Strongyloides* spp. (parásito intestinal), los cuales pueden causar hiperinfecciones en el hospedero, y puede resultar en la muerte del individuo (Pessier y Mendelson, 2017)

6. Materiales y métodos

El presente fue un estudio observacional, retrospectivo, transversal y descriptivo.

6.1 Ubicación del sitio de trabajo

El Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuemanco (CIBAC) de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco ubicado en el Antiguo Canal de Cuemanco a un costado de la pista olímpica de remo y canotaje. Se encuentra del Área Natural Protegida Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco en la delegación Xochimilco (Juárez, 2019). Localizado 19°15' latitud norte y 99°06' longitud oeste, a una altura promedio de 2.274 msnm, cuenta con un clima templado húmedo con una temperatura anual de 16.2°C y máximas de 31°C (Vázquez, 2012).

Laboratorio de Parasitología Veterinaria, Edif E, UAM Xochimilco y Laboratorio de Histopatología Veterinaria, Edif E, UAM Xochimilco.

6.2 Población

Se utilizaron 162 ejemplares de ajolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*), conservados en formol, de un banco de individuos que murieron por causas que aún están en proceso de determinación en un estudio paralelo llevado a cabo también en el Laboratorio de Histopatología Veterinaria.

6.3 Disección de cadáveres

Los anfibios que se encontraban fijados en formol fueron puestos en agua corriente dos días antes del procedimiento para facilitar su procesamiento reduciendo la cantidad de formol en los tejidos. A continuación, con ayuda de un estereoscópio modelo LEICA E24, se llevó a cabo la disección de los órganos del ejemplar, poniendo énfasis en el tubo digestivo.

Se cuantificaron los nematodos encontrados y se realizó un registro del sitio anatómico donde fueron encontrados, especificando si estaban completos o en segmentos. Se colocaron en pequeños frascos de vidrio con tapón a presión, los cuales fueron llenados con alcohol al 96° y etiquetados. Posteriormente se sellaron con parafilm y los datos obtenidos se registraron en una bitácora.

6.4 Identificación de helmintos

La determinación se realizó por medio del aclaramiento de los ejemplares en montajes semipermanentes con alcohol glicerinado 50-50; en los cuales se observaron y midieron las principales características anatómicas. Seguido a ello se utilizaron las claves de determinación taxonómicas pertinentes para comparar los hallazgos y medidas. Para la toma de medidas se procedió a tomar fotografías de los nematodos montados entre porta y cubreobjetos bajo los objetivos de 4, 10 y 40 x – la mayoría de ellos fueron medidos utilizando el objetivo de 10x procurando hacer énfasis en órganos como el esófago, bulbo esofágico, espícula, apertura genital y huevos en las hembras. Para obtener el tamaño del largo total del nematodo se realizaron entre 3 y 4 fotografías segmentadas en 10x para posteriormente unir las minuciosamente de acuerdo con las referencias. Finalmente se procesaron las imágenes con el programa ImageJ y se realizó una base de datos con las medidas de las principales características morfológicas.

7. Metas alcanzadas

- Adquirí habilidades para llevar a cabo la disección de salamandras del género *Ambystoma* bajo el microscopio estereoscópico, examinando cada órgano en busca de nematodos.

- Desarrollé la habilidad de cuantificar la carga total de helmintos adultos en tubos digestivos, discernir entre los ejemplares adultos y las larvas, y clasificar hembras y machos.
- Obtuve la capacidad para realizar las mediciones de los componentes anatómicos previamente reportados en las claves taxonómicas, por medio del programa ImageJ.
- Se logró identificar los componentes anatómicos característicos de los nematodos analizados con lo cual se logró clasificar el morfotipo de nematodo encontrado.

8. Resultados y Discusión

8.1 Resultados

De los 162 ejemplares de ajolote (*Ambystoma mexicanum*) procesados el 80.3% fueron negativos y el 19.7% restante positivos, de estos últimos el 53% fueron hembras, el 28% machos y en el resto no fue posible determinar el sexo debido a que se encontraban en estado larvario. Al agruparlos por edades, el 46.8% de los ajolotes positivos eran adultos, el 37.5% juveniles y el 15.6% larvas.

De total de nematodos encontrados el 59.6% estaban en su fase larvaria, mientras que el 40.3% restante eran adultos. Para su identificación se eligieron los que se encontraban en mejor estado y en fase adulta (figura 1).

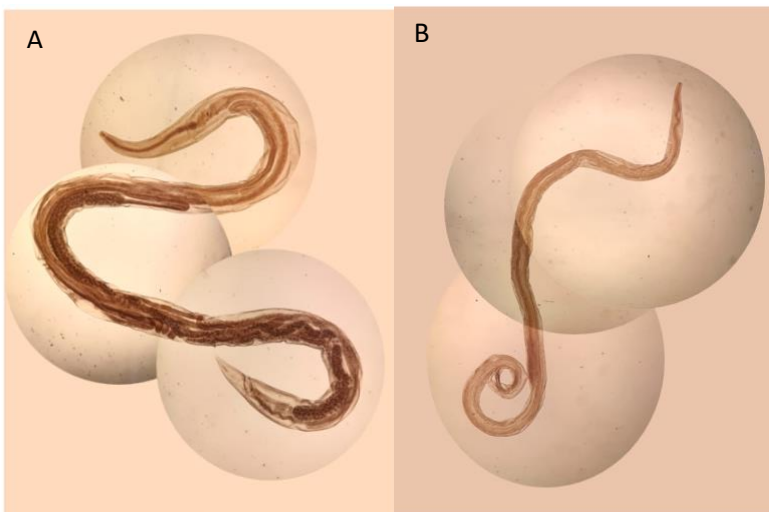


Figura 1. A. Nematodo hembra del género *Chabaudgolvania* de ajolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*). Montaje de una serie de 3 fotografías tomadas con el objetivo a 10x; B. Nematodo macho de la especie *Chabaudgolvania*. Montaje de una serie de 3 fotografías tomadas con el objetivo a 10x.

Las medidas de las estructuras anatómicas registradas se obtuvieron de un total 22 nematodos adultos (cuadro 1 y figura 2), de los cuáles se midió el largo total del nematodo, el largo del esófago, diámetro del bulbo esofágico, la espícula en machos y de la punta anterior a la apertura genital y huevos en las hembras. En el caso de estas últimas, se tomó la medida más próxima a la apertura genital, los resultados promedio de cada medida se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Medidas promedio de las estructuras visualizadas en los nematodos estudiados.

Estructura anatómica	Número de muestras	Promedio (µm)
Largo total	13	7754
Largo del esófago	14	938
Diámetro del bulbo esofágico	16	168
Largo hasta la apertura genital	6	2832
Espícula*	5	277
	6	715
Huevos*	16	97 x 70
	5	80 x 68
	6	47 x 31

*Existieron dos o tres morfotipos, espícula y huevos, respectivamente, por lo que se muestra el número de morfotipos y su medida promedio.

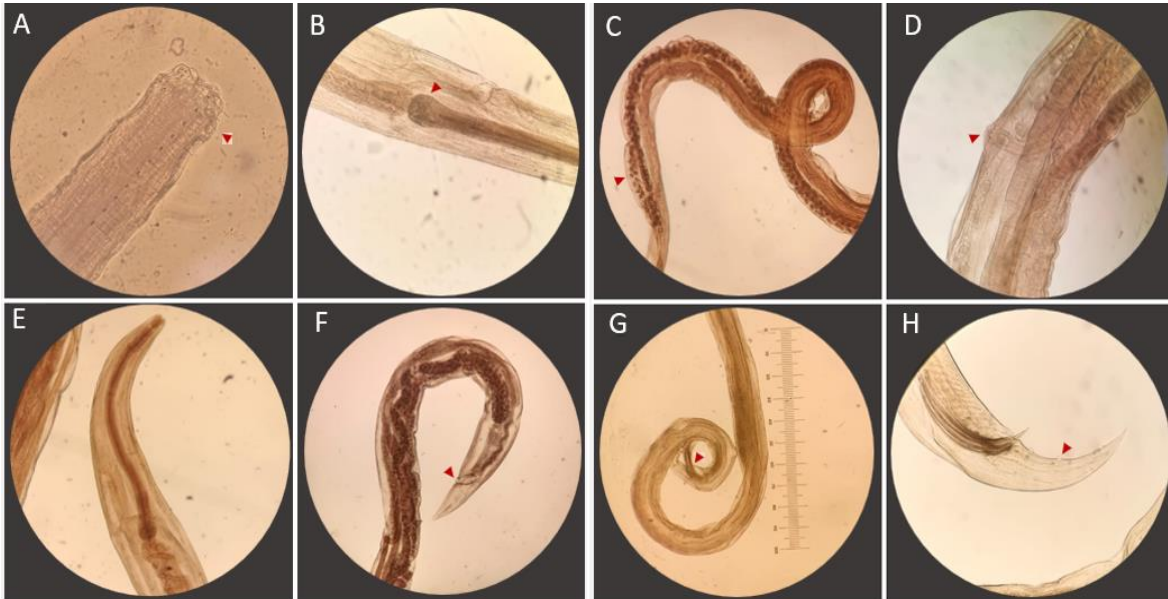


Figura 2. A. Microfotografías de *Chabaudgolvania* tomadas con el microscopio – en objetivo 10x; A. Extremo anterior del cuerpo (flechado) vista lateral; B. Esófago, vista ventral (flechado); C. Parte posterior de la hembra, vista lateral (huevos flechados); D. Parte posterior vista lateral de la hembra región de la vulva (apertura genital flechada); E. Parte anterior de macho, vista ventral (largo del esófago); F. Extremo posterior de la hembra, vista lateral (gubernáculo flechado); G. Extremo posterior vista lateral del macho (espículas flechadas); H. Extremo posterior del macho, vista lateral (papilas postcloacales flechadas).

De acuerdo con las características morfológicas y las medidas obtenidas los ejemplares encontrados en *A. mexicanum* se sugiere que corresponden al subgénero *Chabaudgolvania* sp.

8.2 Discusión

El presente es el primer reporte del subgénero *Chabaudgolvania* en esta especie. Dicho subgénero se ha reportado en reptiles y anfibios, y hasta el año 2020 existen cinco especies registradas: *C. terdentatum*, *C. elongatum*, *C. waldeni*, *C. moravecí* y *C. wangi* (Chen *et al.*, 2020). Sin embargo, existe un debate acerca de su pertenencia taxonómica, ya que algunos estudios moleculares han encontrado que podría ser el mismo subgénero que *Megalobatrachonema* (Chen *et al.*, 2020). Por lo tanto, para establecer claramente si los nematodos del presente pertenecen o no certeramente al subgénero *Chabaudgolvania* es necesario realizar análisis molecular a los mencionados, para determinar si su secuencia corresponde o no con lo existente en el Genbank.

Adicionalmente, se recomienda dirigir estudios hacia el área médico veterinaria con la finalidad de conocer si la presencia de estos nematodos ocasiona o no daño a su hospedador.

9. Recomendaciones

Los nematodos del ajolote de Xochimilco deben estudiarse con mayor profundidad en las áreas de patología, ecología y biología molecular.

10. Referencias bibliográficas

- Álvarez, L.O., Herrerías, Y., Huacuz, E.D. y Álvarez. M.A. (2014). Caracterización de la Infección Parasitaria en *Ambystoma andersoni* Krebs & Brandos (1984) en la Laguna de Zacapu, Michoacán, México-resumen. Memorias De La Conferencia Interna. *En: Medicina y Aprovechamiento de Fauna Silvestre, Exótica y No Convencional, CIMA-FSENC*, 10(2), 187-188.
- Antonio-Tobón, N. A., Castolo-Arellano, G. E., & Vásques-Jiménez, O. (2021). *Ambystoma mexicanum*, la importancia de esta especie en la medicina regenerativa y estrategias para su conservación. *RD-ICUAP*, 7(21), 1-16.
- Chen, H. X., Zhang, L. P., Sinsch, U., Scheid, P., Balczun, C., & Li, L. (2020). Molecular phylogeny of *Megalobatrachonema* (Nematoda: Ascaridida), with description of a new species based on morphological and molecular evidence. *Infection, Genetics and Evolution*, 80, 104172.
- Cota-Hiriart, A. (2016). El ajolote. Biología del anfibio más sobresaliente del mundo. México: Elefanta del Sur. Secretaría de Cultura. pp. 23.
- Frainer, A., McKie, B. G, Amundsen, P., Knudsen, R., & Lafferty, K. D. (2018). Parasitismo y la Relación Biodiversidad-Funcionamiento. *Tendencias Ecol. Evol.* 33, 260–268.

- Griffiths, R. A., Bride, I. G., McKay, J. E. (2008) Conservation Action for the Mexican Axolotl (*Ambystoma Mexicanum*). *In*: Stuart, S.N., Hoffmann, M., Chanson, J.S., Cox, N. A., Berridge, R. J., Ramani, P. & Young, B. E., eds. *Threatened Amphibians of the World*. Lynx Edicions, pp. 131-132.
- Koprivnikar, J., Marcogliese, D. J., Rohr, J. R., Orlofske, S. A., Raffel, T. R., & Johnson, P. T. J. (2012). Macroparasite Infections of Amphibians: What Can They Tell Us? *EcoHealth*, 9 (3), 342–360.
- Mena-González, H., & Servín-Zamora, E. (2014). Manual básico para el cuidado en cautiverio del axolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*).
- Molina, V. A. (2010). El Ajolote de Xochimilco. *Ciencia*, 98, 54-59.
- Olascoaga-Elizarraraz, A., Servín Zamora, E., Nogueira Marmolejo, M. G., Ojeda Chávez, J., Alcaraz Sosa, L. E., Díaz Negrete, M. T., López Montaña, M., Ducoing Watty, A., Majluf Trejo, A. D., & Maldonado-Reséndiz, R. I. (2021). Estimación de parámetros hematológicos en ajolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*) bajo cuidado humano en el zoológico de Chapultepec, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología*, 4(1), 95–104.
- Ortega-Cambranis (1999) El ajolote. *Elementos: ciencia y cultura*, 6(036), Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. pp. 55-57
- Pessier, A. P. & J. R. Mendelson III. Eds. (2017). Manual para el control de enfermedades infecciosas en las colonias de resguardo para anfibios y programas de reintroducción a la naturaleza, versión 2.0. IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group: Apple Valley, MN.
- Price, S. J., Garner, T. W., Nichols, R. A., Balloux, F., Ayres, C., de Alba, A. M. C., & Bosch, J. (2014). Collapse of amphibian communities due to an introduced Ranavirus. *Current Biology*, 24(21), 2586-2591.
- Recuero, E., Cruzado-Cortes, J., Parra-Olea, G., & Zamudio, K. R. (2010). Urban Aquatic Habitats and Conservation of Highly Endangered Species: The Case of *Ambystoma mexicanum* (Caudata, Ambystomatidae). *Annales Zoologici Fennici*, 47(4), 223–238.

- Rodríguez, R. A., Monks, S. & Pulido, F. G. (2013). Primer Reporte Helmintológico de *Ambystoma velasci* Dugés, 1888 de Lago de Tecocomulco, Hidalgo, México. *Parasitology*, 2, 113-120.
- Servín-Zamora, E. (2011). Manual de Mantenimiento en Cautiverio y Medicina Veterinaria Aplicada al Ajolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*) en el Zoológico de Chapultepec [Tesis Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México].
- Wilber M. Q., Knapp R. A., Smith T. C., & Briggs C. J. (2022). Host density has limited effects on pathogen invasion, disease-induced declines and within-host infection dynamics across a landscape of disease. *Journal of Animal Ecology*, 91(12):2451-2464.