

**DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA**

INFORME FINAL DEL SERVICIO SOCIAL

**Comparación en la microbiota presente en intestino y heces
de la especie de ajolote *Ambystoma mexicanum***

Que presenta la alumna:

Dulce María Manrique García
2213059086

Asesoras:

Dra. María del Carmen Monroy Dosta
No. Económico 28906

Dra. Ana Karina Rodríguez Vicente
No. Económico 34395

Ubicación y Fecha:

Ciudad de México, mayo 2026

Resumen:

El ajolote mexicano (*Ambystoma mexicanum*) es una especie endémica de México que se encuentra en una crítica situación de peligro de extinción debido a la pérdida de hábitat, la contaminación y diversos factores ambientales. Además de tener una importancia ecológica como regulador de poblaciones de invertebrados, indicadores de la calidad ambiental y una microbiota intestinal y cutánea de defensa contra patógenos, se destaca por sus capacidades regenerativas, lo que ha convertido a esta especie en un modelo de estudio para diversas áreas de la biología. En este contexto, la microbiota asociada a los organismos desempeña un papel relevante en los procesos relacionados con la nutrición, la respuesta inmunológica y la salud general de los individuos.

El presente trabajo tuvo como objetivo analizar la microbiota asociada al intestino, heces y mucosa en piel y agua de ejemplares de *A. mexicanum* mantenidos en cautiverio, así como evaluar algunos factores relacionados con su manejo, alimentación y calidad de agua. Las actividades desarrolladas durante el proyecto incluyeron la preparación y esterilización de materiales microbiológicos, así como el mantenimiento, alimentación y cuidado de los organismos, el monitoreo de parámetros fisicoquímicos del agua, la toma de biometrías y la recolección de las muestras para el análisis microbiológico. Los resultados mostraron que los organismos alimentados con Tubifex presentaron un mayor peso promedio por individuo en comparación con aquellos alimentados con alimento formulado. Los parámetros fisicoquímicos se mantuvieron en rangos generalmente adecuados para el mantenimiento de la especie, observándose únicamente algunas variaciones puntuales en las concentraciones de compuestos nitrogenados.

Para la identificación de los microorganismos se emplearon técnicas de cultivo en medios BHI y MRS, tinción de Gram, pruebas bioquímicas de catalasa y oxidasa, así como galerías de identificación API 20E y API 20C AUX. Adicionalmente, se registraron parámetros fisicoquímicos del agua, incluyendo pH, nitritos, nitratos y amonio, con el propósito de evaluar las condiciones de mantenimiento de los organismos.

En el análisis microbiológico se identificaron principalmente *Lactobacillus* sp., *Cryptococcus* spp. y *Micrococcus luteus*. Del total de aislamientos obtenidos, *Lactobacillus* sp. fue el microorganismo más abundante, representando el 48.39% de los registros, mientras que *Cryptococcus* spp. y *Micrococcus luteus* representaron cada uno el 25.81%. Asimismo, las muestras de moco y heces presentaron una mayor frecuencia y diversidad microbiana en comparación con las muestras de agua.

Estos resultados obtenidos contribuyen al conocimiento de las comunidades microbianas asociadas a *A. mexicanum* en cautiverio y resaltan la importancia del monitoreo microbiológico y ambiental como herramientas para fortalecer las estrategias de manejo, bienestar y conservación de esta especie.

Palabras clave: *Ambystoma mexicanum*, microbiota, análisis bacteriológico, calidad de agua, conservación.

ÍNDICE:

1. Introducción.	4
2. Lugar donde se realizó el servicio social.	5
3. Marco institucional, misión y visión de la institución	5
4. Objetivo de las actividades realizadas	
4.1. Objetivo general	5
4.2. Objetivos específicos	5
5. Descripción específica de las actividades desarrolladas.	
5.1. Preparación de materiales de laboratorio.	6
5.2. Limpieza y preparación de alimento vivo para <i>A. mexicanum</i> .	6
5.3. Alimentación de <i>A. mexicanum</i> .	
5.4. Limpieza y cuidado de <i>A. mexicanum</i> .	6
5.5. Toma de biometrías de control.	6
5.6. Toma de muestras de moco y heces.	6
5.7. Análisis bacteriológico de las muestras.	6
5.8. Tinción Gram.	6
5.9. Identificación bioquímica por el método API y pruebas bioquímicas.	7
5.10. Actividades extras.	7
6. Resultados	
6.1. Biometrías y alimentación de <i>los ajolotes</i> .	8
6.2. Parámetros fisicoquímicos.	10
6.3. Identificación de bacterias.	10
7. Descripción del vínculo de las actividades desarrolladas con los objetivos de formación del plan de estudios.	12
8. Referencias bibliográficas	13
9. Anexos.	14

1. Introducción:

El ajolote mexicano (*Ambystoma mexicanum*) es una especie endémica en los lagos del valle de México, actualmente restringida principalmente al sistema lacustre de Xochimilco. Este organismo destacada por sus características biológicas únicas, como su capacidad de alcanzar la madurez sexual sin completar la metamorfosis (neotenia) y su extraordinaria habilidad para regenerar estructuras complejas como las extremidades, los tejidos cardíacos y algunas partes del sistema nervioso central (SEMARNAT, 2018). Estas cualidades lo convierten en un modelo de gran interés para la biología experimental y la medicina regenerativa.

A pesar de la relevancia científica, esta especie enfrenta una situación crítica debido a la pérdida de hábitat, la contaminación y los efectos del cambio climático. Han existido diversas iniciativas para su cuidado y conservación, entre ellas, el plan de rescate ecológico de Xochimilco, impulsado por la CONABIO desde 1989, que busca la conservación de esta especie mediante estrategias de cultivo y reintroducción. Sin embargo, los anfibios en general constituyen uno de los grupos más amenazados a nivel global, en parte por algunas enfermedades emergentes como la quitridiomycosis, que es causada por el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd), el cual afecta la piel y compromete la supervivencia de numerosas especies (Martínez-Ugalde, et al., 2022).

En este contexto, la microbiota cutánea ha cobrado especial relevancia, esto se debe a que ha demostrado que los microorganismos presentes en la piel de los anfibios pueden desempeñar un papel protector frente a patógenos (Harris et al., 2006). En el caso del ajolote, ciertos compuestos y bacterias asociadas a su piel son capaces de inhibir el crecimiento de *B. dendrobatidis*, lo que sugiere una interacción estrecha entre el hospedador y su comunidad microbiana. Algunos estudios recientes han evidenciado que, factores como el estado de desarrollo, la estacionalidad y la identidad del hospedador influyen en la composición de la microbiota, así como en su posible papel en procesos clave como la regeneración tisular (Soto-Cortés et al., 2024).

Además de la microbiota cutánea, la microbiota intestinal, también representa un componente fundamental para la salud de los anfibios, ya que participa en procesos relacionados con la digestión, el metabolismo, la absorción de nutrientes y la regulación del sistema inmunológico. La composición de estas comunidades microbianas puede verse influenciada por factores como la dieta, las condiciones ambientales y el manejo en cautiverio, por lo que su estudio permite la evaluación del estado fisiológico y sanitario de los organismos. En especies mantenidas bajo condiciones controladas, el análisis de muestras intestinales y fecales puede aportar información relevante sobre la estabilidad microbiana y la presencia de bacterias potencialmente benéficas o patógenas (Colombo et al., 2015).

Por lo tanto, el estudio de la composición de la microbiota en *A. mexicanum* en condiciones de cautiverio, donde hay un control de los parámetros fisicoquímicos no solo permitirá comprender mejor los mecanismos de defensa, salud y regeneración de dicho organismo, sino que también aporta

información para el diseño de estrategias de conservación en especies amenazadas, determinando su existen grupos bacterianos dominantes asociados a la piel e intestinos.

2. Lugar donde se realizó el servicio social.

Laboratorio de Análisis Químico del Alimento Vivo, dentro de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, cuya ubicación es Calzada del hueso No. 1100, Col, Villa Quietud, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04960.

3. Marco Institucional, misión y visión de la institución. Compromiso social.

La Licenciatura en Biología de la UAM Xochimilco se diseñó en 1974 por un grupo de profesores del Departamento El Hombre y su Ambiente, con un interesante y novedoso enfoque que respondía a la práctica emergente de la profesión: El manejo de los recursos naturales renovables.

Las múltiples generaciones de biólogos egresados de este programa han demostrado el impacto social de este perfil profesional. El plan de estudios fue aprobado por el Colegio Académico en su sesión del 28 de julio de 1978, y actualizado en la sesión 217 del 19 de junio del 2000.

El objetivo general del Plan es "Formar profesionales creativos y críticos capaces de realizar actividades científicas para desarrollar y evaluar, con una perspectiva multidisciplinaria, estrategias de manejo de los recursos naturales bióticos con base en metodologías propias de las ciencias biológicas".

4. Objetivos de las actividades realizadas

Objetivo general:

Analizar la composición, variación y funciones ecológicas de la microbiota asociada al ajolote mexicano (*Ambystoma mexicanum*) en condiciones de cautiverio.

Objetivos específicos:

- Caracterizar la diversidad bacteriana de la microbiota cutánea e intestinal de los ajolotes en cautiverio.
- Evaluar la influencia de parámetros fisicoquímicos (pH y temperatura).
- Determinar si existen grupos bacterianos dominantes asociados a la piel e intestinos.
- Comparar la microbiota de los ajolotes en diferentes sistemas de cautiverio (como un acuario cerrado y un sistema filtrado) para identificar las condiciones de mantenimiento.

5. Descripción específica de las actividades desarrolladas

5.1. Preparación de materiales de laboratorio:

Se llevó a cabo la preparación de diferentes medios de cultivo, tales como Agar infusión Cerebro Corazón (BHI) y Man, Rogosa y Sharpe (MRS), destinados a la siembra de muestras microbiológicas. También, se realizó la esterilización de solución salina al 7%, agua destilada, puntas de micropipeta e hisopos estériles para su posterior uso en el análisis microbiológico.

5.2. Limpieza y preparación de alimento vivo para los ajolotes:

Se realizó la selección, lavado y acondicionamiento del alimento vivo destinado a la dieta de los organismos de la especie *A. mexicanum*. Se utilizaron *Artemia salina* y pulga de agua (*Daphnia*) que fueron sometidas a enjuagues sucesivos, en el caso de *Artemia salina* se utilizó agua salina con una concentración del 60% y para la *Daphnia* se usó agua limpia, lo anterior con el fin de eliminar los restos de colorantes y restos de materia orgánica que pudiesen contener. A la *Artemia salina* se les alimentó con microalga, fermento de betabel y probiótico y para la *Daphnia* con lechuga molida. En el caso del Tubifex, se efectuó un proceso de depuración mediante su mantenimiento en recipientes con flujo constante y cambios frecuentes con agua lista para usar, a su vez, se le agregaron gotas de extracto de almendro con el fin de reducir la carga microbiana y evitar la introducción de patógenos al sistema de cultivo.

5.3. Alimentación de *A. mexicanum*:

Se gestionó la obtención de distintos tipos de alimento adecuados para los ajolotes según sus etapas de crecimiento, incluyendo *Artemia salina*, *Daphnia* y *Tubifex*. Posteriormente, los organismos fueron alimentados principalmente en *Tubifex* y alimento formulado comercial. El alimento fue racionado de acuerdo con el peso, talla y etapa de desarrollo de los ajolotes, la porción dada a cada tina fue del 10% de acuerdo con el peso total de los individuos.

5.4. Limpieza y cuidado de los ajolotes:

Se llevaron a cabo actividades de mantenimiento de los contenedores, incluyendo el sifoneo de los residuos orgánicos (heces, restos de alimento y plantas), el recambio parcial de agua y la limpieza de superficies internas de las tinas con ayuda de una esponja. Dentro de estas actividades, se monitorearon parámetros fisicoquímicos con ayuda del dispositivo HANNA y pruebas de kit de prueba API Máster, los cuales se midieron los nitritos, nitratos, amonio, pH y temperatura, además de monitorear las condiciones corporales de los individuos, tomando en cuenta que los parámetros tolerables para *A. mexicanum* son los que se muestran en tabla del anexo 1, con base en Servín et al. (2025).

5.5. Monitoreo de crecimiento:

Una vez que los ajolotes alcanzaron un tamaño de aproximadamente 2 meses (de 5 a 7.5 cm), se realizaron biometrías para determinar el incremento en peso y longitud total. Posteriormente, para evitar el canibalismo, los organismos fueron distribuidos en ocho tinas, con una densidad aproximada de 8 a 12 individuos por contenedor (Anexo 2).

5.6. Toma de muestras de moco y heces:

Para la obtención de las muestras, se seleccionaron tres tinajas con tratamiento de Tubifex y una de tratamiento de alimento formulado, con el fin de recolectar muestras fecales mediante el uso de pipetas Pasteur. Adicionalmente, se eligieron tres individuos por tratamiento para la obtención de muestras de moco cutáneo a través de la técnica de hisopado homogéneo con hisopos estériles, y estas muestras se resguardaron en frascos con solución salina al 7% para su conservación y análisis posterior (Anexo 3).

5.7. Análisis bacteriológico de las muestras:

La muestra fue inoculada en 9 ml de solución salina al 7%, de la cual se tomaron 100 µL que fueron inoculados en placas de agar BHI y MRS. La muestra se distribuyó con la ayuda de un rastrillo de cristal, tratando de homogeneizarla en toda la placa. Una vez sembradas cada una de las placas se incubaron a 27°C durante 24 horas para el medio BHI, en el caso del medio MRS se dejaron incubar durante 48 horas.

Transcurrido el tiempo de incubación se caracterizó y cuantificó la morfología colonial.

5.8. Tinción Gram

Para cada una de las diferentes colonias observadas se prepararon frotis bacterianos en portaobjetos, los cuales fueron secados y fijados por calor. Posteriormente, se aplicaron de forma secuencial los reactivos correspondientes (cristal violeta, Lugol, alcohol-cetona como decolorante y safranina como colorante de contraste). Las preparaciones se observaron al microscopio óptico con objetivo 40X para la diferenciación morfológica y de tinción (Gram) de los microorganismos.

5.9. Identificación bioquímica por el método API y pruebas bioquímicas:

Para la identificación bioquímica se utilizaron pruebas bioquímicas contenidas en las galerías API (Analytical Profile Index), que consistió en realizar suspensiones bacterianas que se ajustaron a una turbidez de 0.5 de la escala Mac Farland, prevista en el protocolo del proveedor y se inocularon en cada una de las galerías de API y se incubaron en condiciones controladas para su posterior lectura e identificación bioquímica de las bacterias y levaduras. Se utilizaron las galerías de API 20E (para enterobacterias) y las galerías API 20C Aux (para levaduras). De igual manera, se realizaron pruebas de Catalasa y Oxidasa.

5.10. ACTIVIDADES EXTRAS:

Preparación de extracto de Cempasúchil:

Se llevó a cabo la obtención de extracto vegetal a partir de flores de *Tagetes erecta* (Cempasúchil), comenzando con la limpieza, secado y trituration del material vegetal hasta obtener un tamaño de partícula homogéneo. Posteriormente, se realizó la extracción por maceración utilizando alcohol al 90%, manteniendo condiciones de oscuridad y agitación periódica.

6. RESULTADOS

6.1 Biometrías y alimentación de los ajolotes.

En la figura 1 se presenta el peso promedio de *A. mexicanum* obtenidos en los tratamientos con *Tubifex* y alimento formulado. Los organismos alimentados con *Tubifex* alcanzaron un peso promedio de 4.01 ± 0.67 gr, mientras que aquellos alimentados con alimento formulado registraron un peso promedio de 3.44 ± 0.60 gr.

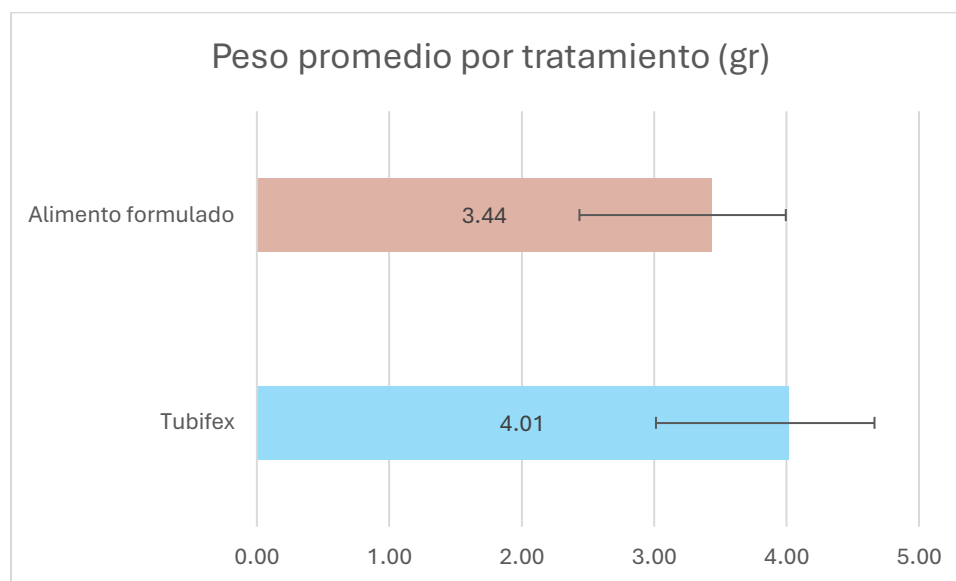


Figura 1. Comparación del peso promedio (gr) de los organismos entre los tratamientos con Tubifex y alimento formulado (n = 4 tinas por tratamiento).

En la figura 2 se muestra la longitud promedio de los ajolotes alimentados con los tratamientos de *Tubifex* y alimento formulado. Los organismos alimentados con *Tubifex* alcanzaron una longitud promedio de 6.61 cm, mientras que los que fueron alimentados con alimento formulado registraron una longitud promedio de 6.57 cm.

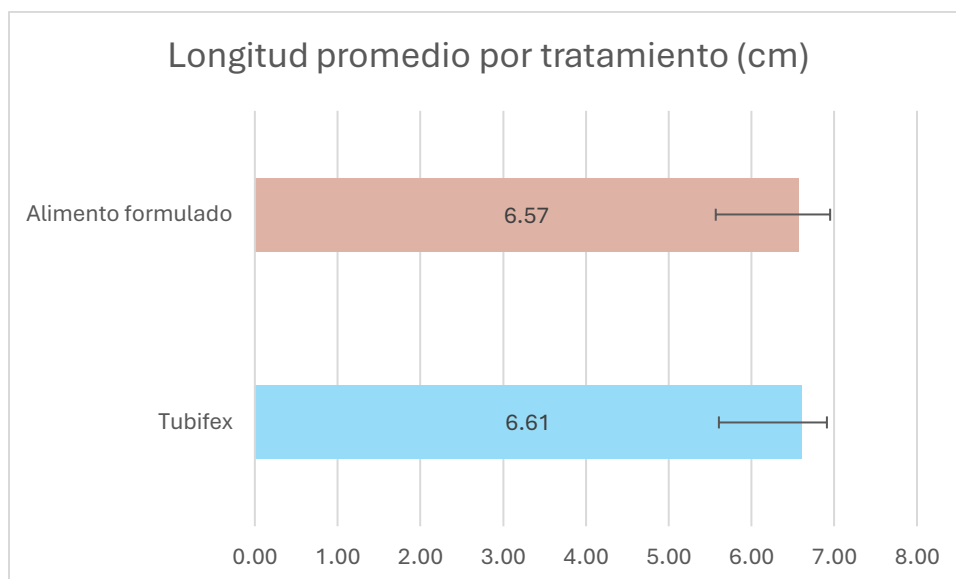


Figura 2. Comparación de la longitud (cm) promedio de los organismos entre los tratamientos de Tubifex y alimento formulado (n = 4 tinas por tratamiento).

6.2. Parámetros fisicoquímicos.

Los parámetros fisicoquímicos del agua registrados durante el periodo de muestreo mostraron variaciones moderadas entre tratamientos y periodos, aunque en general se mantuvieron dentro de los rangos relativamente estables para el mantenimiento de *A. mexicanum* (Tabla 1). El pH presentó valores que oscilaban entre 7 y 7.8, indicando condiciones neutras a ligeramente alcalinas, consideradas adecuadas para la especie y para la estabilidad de los sistemas acuáticos en cautiverio.

En cuanto a los compuestos nitrogenados, los nitritos registraron concentraciones bajas en la mayoría de los muestreos (0-0.25 ppm), lo que sugiere un proceso de nitrificación funcional de manera relativa. Los nitratos oscilaron entre 0 y 5 ppm, observándose valores más elevados en las últimas fechas de muestreo. Estas concentraciones pueden relacionarse con la acumulación progresiva de desechos orgánicos y productos derivados del metabolismo de los organismos.

Las concentraciones de amonio registradas durante el periodo de monitoreo oscilaron entre 0.08 y 0.29 ppm (Tabla 1). El valor mínimo se registró el 1 de febrero y el 15 de abril (0.08 ppm), mientras que el valor máximo se observó el 13 de enero (0.29 ppm). En la mayoría de las fechas de evaluación las concentraciones permanecieron entre 0.22 y 0.25 ppm, mostrando variaciones de baja magnitud y sin evidenciar una tendencia temporal definida. En conjunto, estos resultados indican que los niveles de amonio se mantuvieron relativamente estables durante el periodo de estudio.

Las concentraciones registradas se mantuvieron en valores bajos durante todo el monitoreo del estudio, sugiriendo que hubo una adecuada calidad de agua y una limitada acumulación de

compuestos nitrogenados derivados del metabolismo de los organismos y de la descomposición de materia orgánica.

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos.

Fecha	Tipo de tratamiento	Número de individuos	Nitritos	Nitratos	Amonio	pH
13/01/2026	Tubifex	9	0.14 ppm	1.3 ppm	0.29 ppm	7
15/01/2026	Tubifex	9	0.24 ppm	1.2 ppm	0.22 ppm	7.4
01/02/2026	Tubifex	9	0.21 ppm	1.6 ppm	0.08 ppm	7.3
10/02/2026	Tubifex	10	0.22 ppm	0 ppm	0.24 ppm	7.6
	Tubifex	10	0.09 ppm	3 ppm	0.15 ppm	7.6
23/02/2026	Alimento formulado	8	0.25 ppm	1.0 ppm	0.25 ppm	7.6
10/03/2026	Tubifex	8	0.22 ppm	2.1 ppm	0.23 ppm	7.6
30/03/2026	Tubifex	7	0.25 ppm	0 ppm	0.25 ppm	7
15/04/2026	Alimento formulado	12	0	0.5 ppm	0.08 ppm	7.8
28/04/2026	Tubifex	7	0	0.5 ppm	0.25 ppm	7.6

6.3. Identificación de bacterias.

Durante un periodo de 3 semanas, se procesaron muestras de agua, moco cutáneo y heces de *A. mexicanum*, identificando los microorganismos asociados a estos sustratos. Tras el proceso de aislamiento, selección y purificación de las colonias, se obtuvieron 31 aislamientos totales, los cuales fueron caracterizados mediante pruebas microbiológicas y bioquímicas. Los resultados mostraron diferencias en la abundancia de los microorganismos entre los tipos de muestra analizadas, destacando las variaciones en su frecuencia de aislamiento y abundancia relativa. El análisis bacteriológico de las muestras de agua, heces y moco permitió identificar la presencia de *Micrococcus luteus*, *Lactobacillus sp.* y *Cryptococcus sp.*

En el tratamiento con *Tubifex* se registraron un total de 24 aislamientos; en la Figura 3, podemos determinar que *Lactobacillus sp.* presentó la mayor frecuencia, con 12 registros, seguido de *Micrococcus luteus* y *Cryptococcus sp.*, con 6 registros cada uno. *Lactobacillus sp.* se identificó principalmente en las muestras de heces (6 registros) y moco (5 registros), mientras que *Micrococcus luteus* presentó una mayor presencia en el agua (3 registros), seguido de moco (2 registros) y 1 en heces. Por otra parte, *Cryptococcus sp.* se registró exclusivamente en heces y moco (con 3 registros cada una), sin presencia en las muestras de agua.

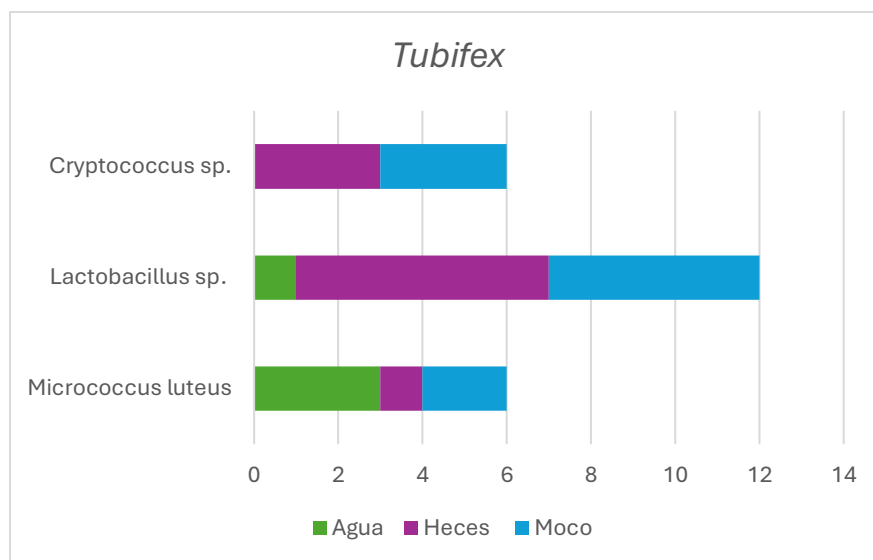


Figura 3. Análisis bacteriológico con tratamiento de Tubifex.

En el tratamiento con alimento formulado (Figura 4) se obtuvieron 7 registros en total. *Lactobacillus sp.* fue el microorganismo que tuvo mayor frecuencia (3 registros), identificado en agua (1 registro) y heces (2 registros), mientras que *Micrococcus luteus* presentó 2 registros, ambos correspondientes a muestras de moco. Asimismo, *Cryptococcus sp.* presentó 2 registros, que se distribuyeron entre heces y moco (1 registro cada uno).

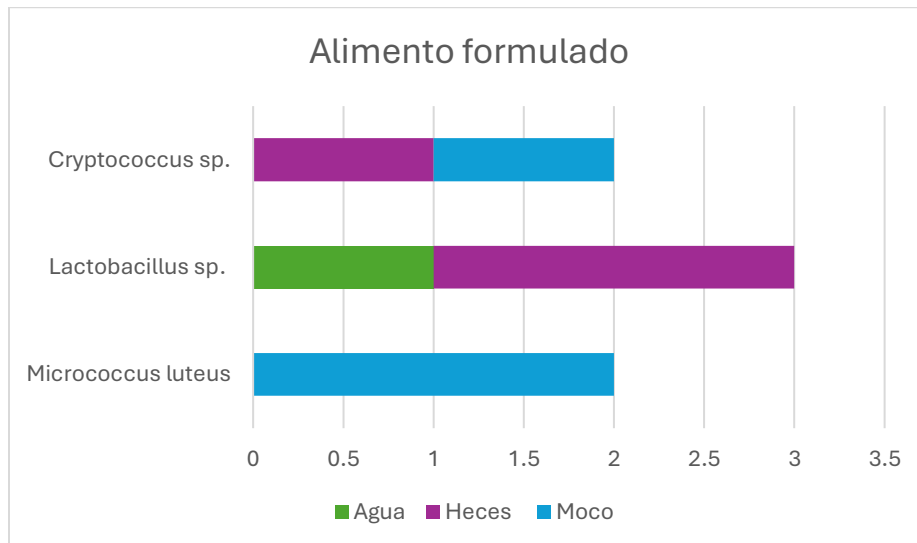


Figura 4. Análisis bacteriológico con tratamiento de alimento formulado.

En ambos tratamientos, *Lactobacillus sp.* fue el microorganismo con mayor número de registros; sin embargo, en el tratamiento con *Tubifex* hubo una mayor presencia de los microorganismos en los diferentes tipos de muestra.

Dentro del estudio, pudimos notar que el microorganismo predominante fue *Lactobacillus sp.*, representando el **48.39%** del total identificados ($n=15$). Por otro lado, *Cryptococcus sp.* y *Micrococcus luteus* mostraron una prevalencia idéntica, registrando cada uno un **25.81%** de la frecuencia relativa, lo que equivale a 8 aislamientos por cada grupo taxonómico (Figura 5).

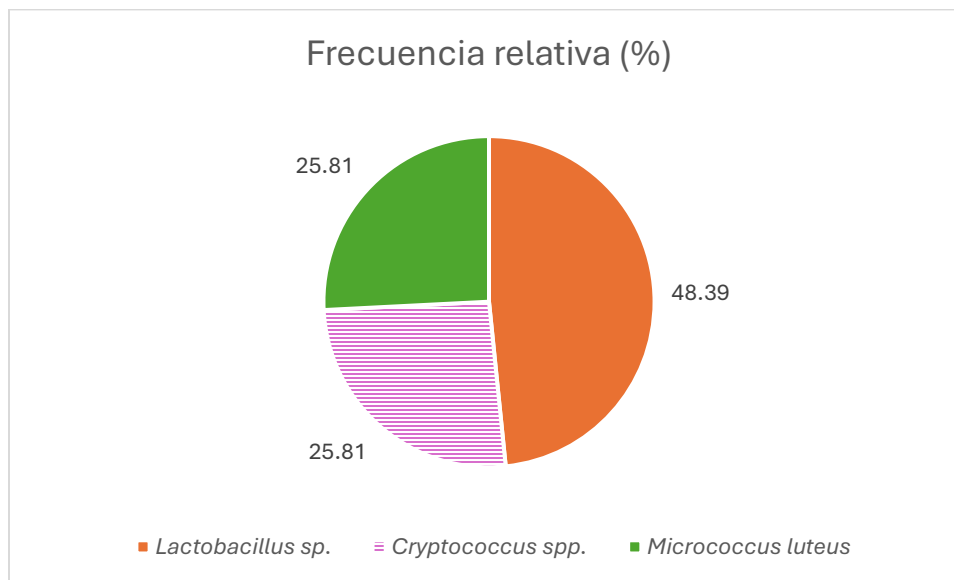


Figura 5. Frecuencia relativa de los microorganismos.

7. Descripción del vínculo de las actividades desarrolladas con los objetivos de formación del plan de estudios.

Las actividades desarrolladas durante mi estancia en el servicio social han contribuido al cumplimiento del objetivo general del Plan de Estudios, que está orientado hacia la formación de profesionales creativos y críticos capaces de desarrollar y evaluar estrategias de manejo de los recursos naturales desde una perspectiva multidisciplinaria. En este sentido, mi participación en el manejo y mantenimiento de ejemplares de *A. mexicanum* me ha permitido aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de mi trayectoria académica en las áreas de zoología, microbiología, ecología y la conservación.

De igual forma, las actividades que estuvieron relacionadas con el control de parámetros fisicoquímicos del agua, el seguimiento de la alimentación, la obtención de los datos biométricos y el análisis microbiológico de muestras de agua, moco y heces han permitido que desarrolle habilidades prácticas para el monitoreo y evaluación de las condiciones de mantenimiento de la especie. La aplicación de técnicas de laboratorio, como la preparación de medios de cultivo, e aislamiento de los microorganismos, tinción Gram y pruebas bioquímicas, ha fortalecido mi manejo de metodologías propias de las ciencias biológicas, ayudando a la generación de información útil para el conocimiento de la microbiota asociada a los ejemplares.

De esta manera, la experiencia que adquirí durante el servicio social ha permitido que integre los conocimientos teóricos y prácticos para abordar el manejo y conservación de *A. mexicanum* desde una perspectiva multidisciplinaria. Además, el análisis e interpretación de los resultados obtenidos favoreció a mi desarrollo de una visión crítica y científica, ayudándome a conocer la importancia de los monitoreos continuos de las condiciones ambientales, fisiológicas y microbiológicas como herramientas para contribuir al manejo adecuado y a la conservación de la especie.

8. Referencias bibliográficas:

1. Colombo, B. M., Scalvenzi, T., Benlamara, S., & Pollet, N. (2015). *Microbiota and mucosal immunity in amphibians*. *Frontiers in Immunology*, 6, 111. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2015.00111>
2. Demircan, T., Gül, S., & Altuntaş Taşçı, E. (2024). Can microbiome modulate regenerative capacity? A comparative microbiome study reveals a dominant presence of Flavobacteriaceae in blastema tissue during axolotl limb regeneration. **OMICS: A Journal of Integrative Biology**, 28(6). <https://doi.org/10.1089/omi.2024.0075>
3. Demircan, T., Ovezmyradov, G., Yıldırım, B., Keskin, İ., İlhan, A. E., Feşcioğlu, E. C., Öztürk, G., & Yıldırım, S. (2018). Experimentally induced metamorphosis in highly regenerative axolotl (*ambystoma mexicanum*) under constant diet restructures microbiota. *Scientific reports*, 8(1), 10974. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-29373-y>
4. Reid N. Harris, R. N., James, T. Y., Lauer, A., Simon, M. A., & Patel, A. (2006). *Amphibian pathogen Batrachochytrium dendrobatidis is inhibited by the cutaneous bacteria of amphibian species*. *EcoHealth*, 3(1), 53–56. <https://doi.org/10.1007/s10393-005-0009-1>
5. Martínez-Ugalde, E., Ávila-Akerberg, V., González Martínez, T.M. *et al.* The skin microbiota of the axolotl *Ambystoma altamirani* is highly influenced by metamorphosis and seasonality but not by pathogen infection. *anim microbiome* 4, 63 (2022). <https://doi.org/10.1186/s42523-022-00215-7>

6. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2018). *Ajolote mexicano, criatura súper dotada*. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/ajolote-mexicano-criatura-super-dotada>
7. Servín, E., Alcantar-Rodriguez, A., & Medrano, A. (2025). Experiences with the management and breeding of Mexican axolotl (*Ambystoma mexicanum*), for research and biobanking purposes, in a vivarium. *Frontiers in Amphibian and Reptile Science*, 3, Article 1620078. <https://doi.org/10.3389/famrs.2025.1620078>
8. Soto-Cortés, E., Marroquín-Rodríguez, M., Basanta, M. D., Maldonado-López, Y., Parra-Olea, G., & Rebollar, E. A. (2024). Host Species and Environment Shape the Skin Microbiota of Mexican Axolotls. *Microbial ecology*, 87(1), 98. <https://doi.org/10.1007/s00248-024-02411-1>

9. Anexos.

Anexo 1. Tabla de parámetros adecuados de *Ambystoma mexicanum*.

Parámetro	Rango recomendado	Explicación
pH	7.0-8.4 (Óptimo $\approx$ 7.2-7.8)	Valores cercanos a la neutralidad o ligeramente alcalinos favorecen la estabilidad fisiológica.
Nitritos (NO_2^-)	0 mg/L (ideal); <0.5 mg/L	Los nitritos son altamente tóxicos y deben permanecer prácticamente indetectables.
Nitratos (NO_3^-)	<20-40 mg/L	Aunque son mucho menos tóxicos que el amonio y los nitritos, concentraciones elevadas indican acumulación de materia orgánica y deficiencias en el mantenimiento del sistema.
Amonio ($\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$)	0 mg/L (ideal); <0.25 mg/L	El amoniaco no ionizado (NH_3) es la forma más tóxica y su toxicidad aumenta conforme incrementan el pH y la temperatura.

Anexo 2. Toma de biometrías.



Anexo 3. Toma de muestras de moco y heces.

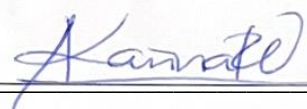


Visto bueno de las asesoras.

A handwritten signature in blue ink, belonging to Dra. María del Carmen Monroy Dosta. The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal line.

Dra. María del Carmen Monroy Dosta

No. Económico: 28906

A handwritten signature in blue ink, belonging to Dra. Ana Karina Rodríguez Vicente. The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal line.

Dra. Ana Karina Rodríguez Vicente

No. Económico: 34395