

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL
POR ACTIVIDADES RELACIONADAS CON LA PROFESIÓN

PARA OBTENER EL GRADO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

**“Producción masiva de alimento vivo
para la conservación del ajolote
mexicano *Ambystoma mexicanum*”**

QUE PRESENTA EL ALUMNO

Fuentes Olivier Yhair Antonio
Matrícula
2193070916

ASESORES

Dra. Martha Rodríguez Gutiérrez - (No. Económico 3059)
Dr. José Antonio Ocampo Cervantes - (No. Económico 36587)

CDMX

Noviembre, 2024

Resumen

Durante el servicio social, se llevaron a cabo actividades centradas en el desarrollo de habilidades prácticas en la producción de alimento vivo para la acuicultura en general y en particular para el ajolote mexicano (*Ambystoma mexicanum*) una especie en peligro de extinción. El trabajo incluyó el cultivo de microalgas y de zooplancton, así como la identificación de géneros, ambos componentes esenciales en la dieta del ajolote.

La fase de cultivo de microalgas comenzó con la recolección de muestras de estanques específicos, sometidas a tamización y observación microscópica (40x) para asegurar la presencia de microorganismos. A partir de estos cultivos iniciales, se establecieron monocultivos en frascos de 500 ml, a los que se les añadieron 0.12 ml de fertilizante Bayfolan Forte-Bayer y se mantuvieron bajo condiciones de aireación constante y exposición solar indirecta. Se observó un crecimiento evidente al cabo de diez días, con una coloración progresiva de verde claro a intenso, señal de proliferación. Los cultivos se escalaron hasta un volumen de 40 litros con adiciones de fertilizante según el volumen total.

En paralelo, se llevaron a cabo muestreos para identificar especies de zooplancton, cada muestra fue analizada al microscopio, identificándose géneros de cladóceros y copépodos. Estos organismos fueron posteriormente sometidos a monocultivos en frascos de 500 ml, alimentados regularmente con microalgas, y posteriormente escalados en tambos de hasta 60 litros, manteniendo también una proporción de 50/50 con microalgas.

Los resultados evidencian una producción estable de microalgas, alcanzando 230 litros semanales distribuidos en 130 litros en tina y 100 litros en vitroleros de 20 litros, bajo condiciones controladas de temperatura (21-23 °C), pH 5 a 7 y aireación continua. La diversidad de microalgas incluyó géneros como *Ankistrodesmus*, *Chlorella*, *Golenkinia*, *Pediastrum*, *Selenastrum* y *Scenedesmus*. En cuanto al zooplancton, los cladóceros demostraron buena adaptación a condiciones de

laboratorio: 19 °C, pH 7 y aireación constante, mientras que los copépodos presentaron menor tolerancia, sugiriendo ajustes para futuros cultivos.

Este proyecto proporcionó competencias valiosas en el manejo y preservación de la dieta del *Ambystoma mexicanum*, contribuyendo al objetivo de conservación de esta especie en Peligro Crítico (CR) mediante el suministro de alimento vivo adecuado y sostenible.

Palabras clave: acuacultura, conservación, microalgas, zooplancton, producción de alimento vivo.

INDICE

1.-Introducción.....	5
2. Lugar de realización	6
3.-Marco Institucional	7
ANTECEDENTES.....	8
4. Objetivo de las actividades realizadas	9
5.- Actividades desarrolladas.....	9
6. -Resultados	13
7.-Descripción del vínculo de las actividades desarrolladas con los objetivos de formación el plan de estudios.....	15
8.-Aprendizaje	16
9.- Referencias Bibliográficas.....	18
10. Visto bueno.	20

1.-Introducción

El ajolote, *Ambystoma mexicanum* es una salamandra de la familia *Ambystomatidae*, compuesta por unas treinta especies. Esta especie es endémica de la zona lacustre de Xochimilco y Chalco-Tláhuac en la Ciudad de México. Antiguamente, su distribución abarcaba una parte del lago formado en el Pleistoceno tardío, cuando la actividad tectónica bloqueó el drenaje del valle de México. Este sistema lacustre incluía siete lagos, entre ellos Xochimilco y Chalco, pero hoy en día el ajolote solo se encuentra en los pequeños canales remanentes de Xochimilco y Chalco-Tláhuac.

Catalogado como una especie neoténica, fenómeno biológico en el cual el animal no presenta metamorfosis, ya que por lo general permanece y se reproduce en fase "larvaria". *A. mexicanum*, debido al deterioro de su hábitat, está protegido desde 1994 bajo la NOM-059-ECOL-2010 en la categoría en "peligro de extinción". También se incluyó en el apéndice II del CITES en 1975 para evitar su comercio internacional y extinción. Desde 1986 figura en las listas rojas de la IUCN, y en 2019 se catalogó como especie "En Peligro Crítico" (CR), debido a su colecta continua y su distribución endémica y limitada, lo que aumenta el riesgo de extinción (IUCN, 2019; Molina, 2010).

Para su alimentación se requiere de la producción de microalgas, organismos fotosintéticos con una notable capacidad para capturar y utilizar el CO₂ como fuente de carbono inorgánico para su crecimiento. Estos microorganismos pueden aprovechar tanto la energía lumínica natural como la artificial, mostrando tasas de crecimiento y capacidades de fijación de CO₂ superiores a las de las plantas terrestres. A través del proceso de fijación de carbono, las microalgas transforman el CO₂ en oxígeno, moléculas orgánicas y nuevas células. Entre los géneros más utilizados en estos procesos biológicos se encuentran *Chlorella*, *Spirulina*, *Nannochloropsis* y *Scenedesmus* (Ho *et al.*, 2011; Lim *et al.*, 2021; Xu *et al.*, 2023).

La fijación de carbono por microalgas representa beneficios económicos debido a su estructura celular simple y poco requerimiento de espacio, además de consumir grandes cantidades de nutrientes. Esta tecnología es amigable con el medio ambiente y sustentable (Zhang y Liu, 2021).

En este contexto, las microalgas, que constituyen una parte fundamental del fitoplancton, juegan un papel vital. Estas comprenden una amplia variedad de especies, aportando un alto contenido nutricional para peces, crustáceos y moluscos. Además, presentan ventajas significativas en términos de manejo, tanto en sistemas de cultivo en laboratorio como en producción a gran escala, lo que las convierte en un recurso indispensable para el éxito de los cultivos acuícolas (FAO, 1989).

Los cladóceros son organismos que destacan no solo por su rápida reproducción a través de partenogénesis y su corto ciclo de vida, sino también por su habilidad para adaptarse en periodos reproductivos breves. Este grupo ofrece una rica fuente de nutrientes esenciales como aminoácidos, lípidos, ácidos grasos, vitaminas y enzimas (peptidasas, proteinasas, lipasas y amilasas), que se aprovechan como exoenzimas en el sistema digestivo de las larvas de peces, promoviendo así un crecimiento saludable (Prieto y Morales, 2006).

2. Lugar de realización

Las actividades de servicio social se desarrollarán en el Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuemanco (CIBAC), el cual forma parte de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco (UAM-X). El CIBAC está ubicado en el Antiguo Canal Cuemanco, en el costado oriente de la Pista Olímpica de Remo y Canotaje “Virgilio Uribe”, Alcaldía Xochimilco, Ciudad de México. Código Postal 16034 (Fig. 1),



FIG 1. Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuemanco (CIBAC).

3.-Marco Institucional

La Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) fue creada en 1975 para atender la creciente demanda de educación superior en México. En su evolución natural, fue creado el CIBAC quien, en colaboración con la Facultad de Química de la UNAM, implementó el humedal artificial con el fin de depurar el agua utilizada por el CIBAC. Además, se establecieron convenios con la Alcaldía Xochimilco para la investigación sobre la contaminación en la Zona Lacustre de Xochimilco, con SEMARNAT para la creación de una unidad dedicada al manejo y producción del ajolote (*Ambystoma mexicanum*) en apoyo a las comunidades rurales.

El CIBAC, único centro de investigación ubicado en un Área Natural Protegida (ANP), fue inicialmente gestionado por la Alcaldía Xochimilco con un enfoque en la conservación de la biodiversidad local. A partir del 21 de noviembre de 1994, la UAM-X firmó un convenio con la Alcaldía para continuar con los esfuerzos de conservación. En 1999, el Gobierno del entonces Distrito Federal donó las instalaciones y el terreno de 1.2 hectáreas a la UAM-X, lo que permitió al CIBAC ampliar sus actividades hacia la docencia, investigación científica, formación de profesionales en acuicultura y agricultura, rescate ecológico, y repoblación de especies endémicas y en peligro de extinción. Estas actividades se orientan principalmente a mitigar los problemas ecológicos y sociales en la Zona Lacustre de Xochimilco.

La misión de la UAM es formar profesionales con capacidad para identificar y resolver problemas a través del trabajo interdisciplinario, con un fuerte compromiso social. La universidad también promueve la investigación aplicada a la solución de problemas relevantes para la sociedad, integrando la docencia y la investigación con la preservación y difusión cultural. Con este enfoque, el CIBAC, dependiente de la UAM-Xochimilco, participa en estudios enfocados en la Zona Lacustre de Xochimilco, preservando especies locales como *Ambystoma mexicanum*, *Lithobates montezumae*, *Cambarellus montezumae*, *Leptophobia*, *Dione moneta* y *Chirostoma jordani*, además de impulsar programas de educación ambiental (CIBAC-UAM-X, 2024).

ANTECEDENTES

La Zona Lacustre de Xochimilco es uno de los ecosistemas acuáticos más importantes de la Ciudad de México, su conservación ha sido un desafío constante debido a la contaminación y pérdida de biodiversidad. Durante años, diversas instituciones, como la UAM-X, han trabajado en proyectos enfocados en la preservación de este ecosistema, principalmente a través del CIBAC. El CIBAC, desde su creación, ha desempeñado un papel crucial en la investigación y el manejo de especies en peligro, como el ajolote (*Ambystoma mexicanum*), así como en el estudio de la flora y fauna de la región (CIBAC-UAM-X, 2024).

En los ecosistemas acuáticos naturales, la continuidad de las especies depende del equilibrio entre los distintos niveles de la cadena trófica. El desarrollo y supervivencia de larvas y juveniles está estrechamente vinculado a la presencia de organismos que conforman el fitoplancton y el zooplancton, los cuales dependen, a su vez, de la disponibilidad de nutrientes adecuados. Conocer la composición química de los alimentos vivos es crucial, ya que el uso de recursos deficientes en nutrientes esenciales puede provocar anomalías en el desarrollo y una alta mortalidad en las especies en cultivo (FAO, 1989).

4. Objetivo de las actividades realizadas

Objetivo General

Desarrollar habilidades esenciales y complementarias para abordar los requisitos relacionados con la preservación alimentaria del ajolote mexicano (*Ambystoma mexicanum*).

Objetivos Particulares

- a) Desarrollar competencias en cuidado nutricional de *Ambystoma mexicanum*.
- b) Implementar técnicas de producción masiva de alimento vivo.

5.- Actividades desarrolladas

Durante el servicio social, las actividades se llevaron a cabo mediante un enfoque cualitativo, centrado en la observación y documentación sistemática de los procesos relacionados con el cultivo de microalgas y la producción e identificación de zooplancton. Este enfoque permitió analizar las condiciones y técnicas empleadas, registrando indicadores visuales y operativos sin recurrir a mediciones cuantitativas, con el objetivo de establecer prácticas sostenibles y adaptables para optimizar los cultivos.

Para el cultivo de microalgas, se realizó una escalación progresiva en volumen, iniciando con una muestra tomada de un estanque específico que contenía únicamente alga visible. Se utilizaron tamizadores de 45 mm y 35 mm para obtener un sedimento adecuado, de este se extrajo una alícuota para verificar la presencia de microorganismos. La muestra fue observada con un microscopio BOECO Germany a una resolución de 40X, permitiendo la identificación y registro de posibles microalgas presentes en el estanque (Fig. 2).

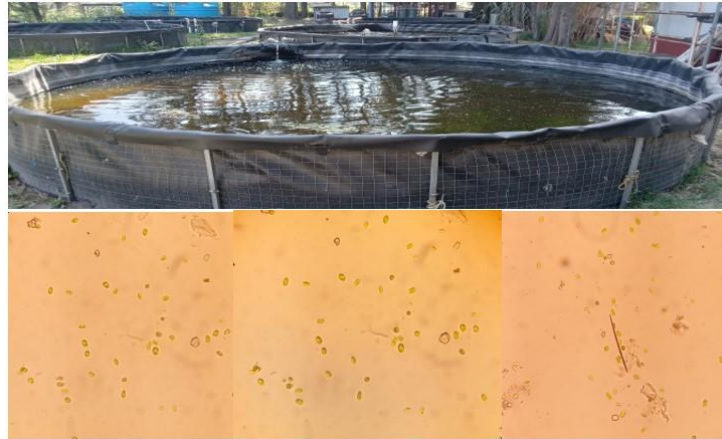


FIG. 2. Estanque de toma de muestra.

Posteriormente, se iniciaron cultivos en frascos de vidrio con un volumen inicial de 300 ml, a los que se añadió 0.12 ml de fertilizante Bayfolan Forte-Bayer y 200 ml de agua potable para un total de 500 ml de agua, manteniéndolos con aireación y exposición a luz solar indirecta. Durante el proceso, se documentó el crecimiento de las microalgas, el cual fue visible a partir de los primeros diez días, con una progresiva coloración verde que pasó de un tono claro a un verde intenso. Al momento de obtener el color de verde intenso, se tomó una alícuota para tener nuevamente un crecimiento continuo de menor a mayor escala y prevenir una caída de los cultivos. Se observó una acumulación o sedimento en el fondo de los frascos entre los días 5 y 15, siendo necesario repetir el procedimiento si no se observaba proliferación al final de este período (Fig. 3).



FIG. 3. Sucesión de crecimiento de microalga.

Al confirmar un crecimiento, los cultivos se escalonaron a mayores volúmenes, pasando de 300 ml a 1 litro y hasta llegar a 40 litros, trasladando los cultivos de frascos de vidrio a tinas de plástico de 200 litros y vitroleros de capacidad de 20 litros. Antes de cada escalamiento, todos los recipientes fueron lavados y secados para evitar contaminación, manteniendo una proporción de 50/50 entre microalgas y agua, añadiendo fertilizante según el volumen: 4 ml de fertilizante por cada 10 litros de agua. Se enfatizó la importancia de mantener una aireación adecuada y un control constante de la temperatura para el éxito de la proliferación, junto con la limpieza frecuente del equipo de cultivo, como mangueras y tinas, especialmente en caso de observar sedimento café oscuro, lo cual se identificó como indicio de contaminación potencial o culminación de crecimiento (fig. 4).



FIG. 4. Tinas y vitroleros usados en cultivos de microalgas.

El agua utilizada para la escalación de cultivos provenía del humedal del CIBAC y se preparó mediante un proceso de cloración y de cloración con la adición de sales. Este proceso consistió en añadir 0.9 g de cloro sanitizante de rápida disolución al 62% Aqua Pool Hit Ok al agua, se mantuvo por al menos 24 horas antes de añadir 2.01 g de tiosulfato de sodio-anhidro reactivo Meyer, manteniendo la solución en constante aireación, esto en un volumen de 100 litros. Después de 72 horas, el agua estaba lista para ser utilizada en los cultivos.

Para la identificación del zooplancton, se tomaron muestras de los estanques utilizando una red de acuario y se recolectó en una cubeta, priorizando el agua en zonas de mayor aireación. La muestra fue llevada al laboratorio, donde se tamizó a 45 mm y se depositó en cajas Petri, permitiendo la separación e identificación de

cada especie con la ayuda de pipetas de transferencia. Cada familia, género y especie de zooplancton fue analizada al microscopio, incluyendo cladóceros y copépodos (Fig. 5).

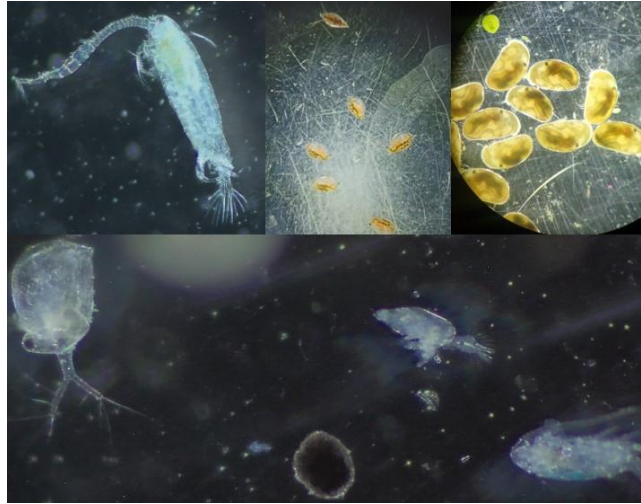


FIG. 5. Selección de zooplancton.

Finalmente, se implementaron cultivos de cladóceros y copépodos en frascos de 500 ml con agua potable, distribuyendo las poblaciones en distintos frascos y suministrando alimento derivado de los cultivos de microalgas. Para escalar estos cultivos, se utilizaron tambos de plástico con capacidades de 50 a 60 litros (Fig. 6), manteniendo una proporción de 50/50 entre zooplancton y microalgas, de manera similar al escalamiento de microalgas. La alimentación de los cultivos se realizó una vez por semana, con aportes de 2 a 5 litros de microalgas, dependiendo de la producción, un cambio de agua cada 10 días, lo que incluía la introducción de nueva microalga, agua fresca y tamización de las poblaciones de zooplancton.



FIG. 6. Tambos utilizados para cultivos de zooplancton.

6. -Resultados

Con la metodología desarrollada se logró una producción de microalgas de 230 litros por semana, distribuidos en 150 litros en una tina y 100 litros en cinco vitroleros de 20 litros cada uno. Las condiciones óptimas observadas durante el cultivo incluyeron una temperatura promedio de 21 a 23 °C, pH neutro (6,7) y aireación continua, realizándose el cultivo durante los últimos meses de primavera e inicio del verano (mayo-agosto) en un tiempo promedio de 10 días. Considerando que, durante la temporada, las horas de luz natural son más prolongadas, la temperatura resulta favorable, ya que incrementa el proceso de fotosíntesis y proporciona la intensidad lumínica necesaria para el crecimiento adecuado (Fig. 7).



FIG 7. Proliferación de microalgas.

En los cultivos, se obtuvo una diversidad de microalgas que incluyó la clase de las *Chlorophyceae*, especies como: *Ankistrodesmus*, *Chlorella*, *Golenkinia*, *Pediastrum*, *Selenastrum* y *Scenedesmus* (Prescott, 1954; Phycokey, 2013; Gualtieri y Barsanti, 2023) (Fig. 8). Conforme a la población de zooplancton los géneros de cladóceros, ostrácodos y copépodos, la identificación de especies es: *Ceriodaphnia dubia* y *Daphnia pulex* (Fig. 9).

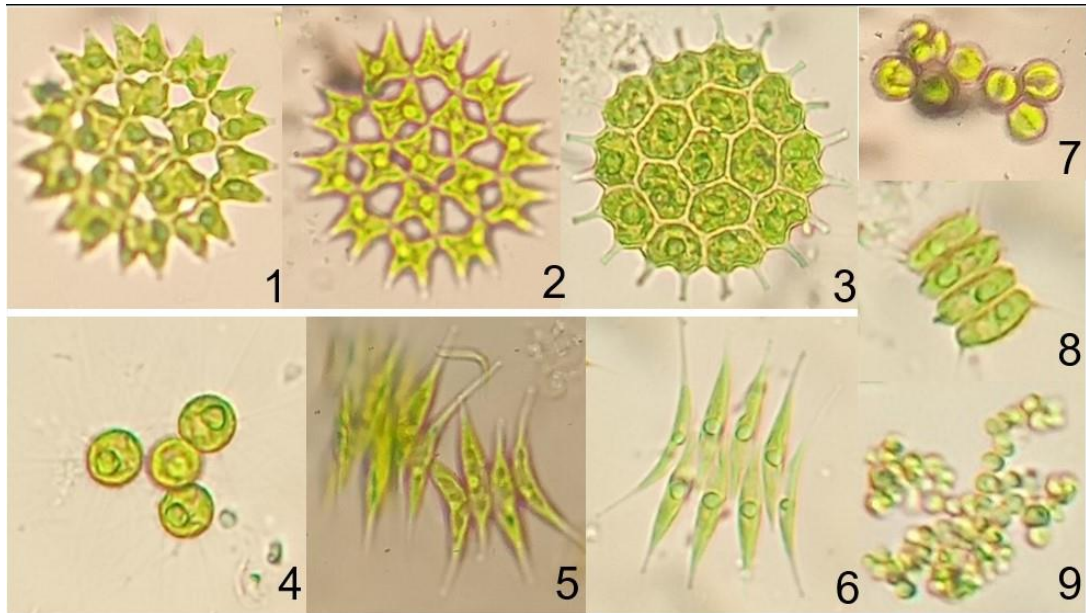


Fig. 8. *Ankistrodesmus* (5,6), *Clorella* (7,9), *Golenkinia* (4), *Pediastrum* (1,2,3), *Selenastrum* (8).

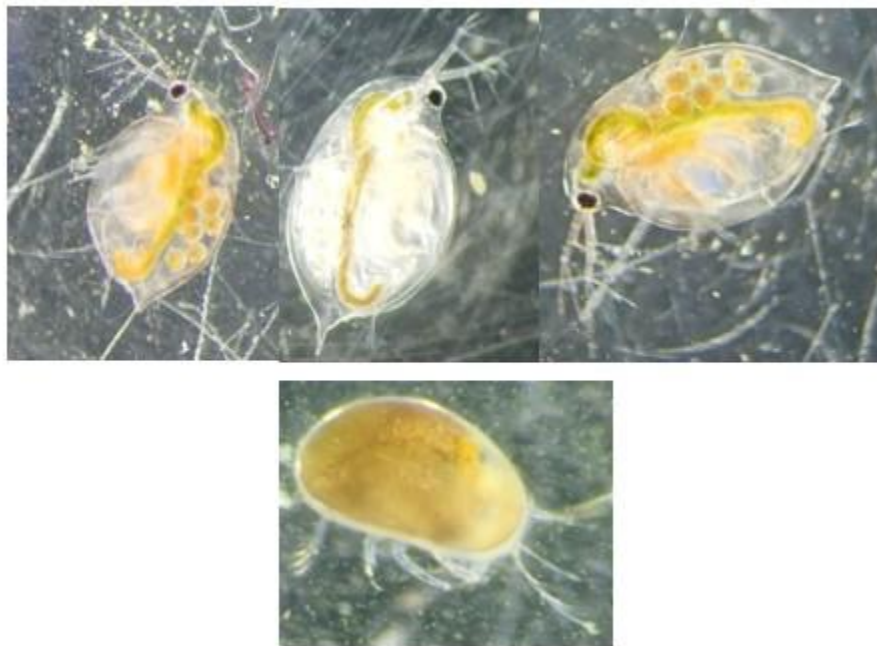


FIG. 9. Ejemplares de cladóceros..

En cuanto a los cultivos de zooplancton en laboratorio, los cladóceros respondieron favorablemente a condiciones de 19 °C, pH 7 y aireación, mostrando una adaptación adecuada a estas variables. Sin embargo, los copépodos presentaron baja

resistencia en estas mismas condiciones, lo que sugiere la necesidad de ajustar el protocolo para optimizar su viabilidad en futuras pruebas (Fig. 10).



FIG. 10. Montaje para crecimiento de zooplancton dentro de laboratorio.

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

El plan de estudios busca fomentar una formación integral en biología y ciencias ambientales, abarcando tanto la teoría como la práctica en la conservación de especies y ecosistemas nativos. En el marco del CIBAC, las actividades desarrolladas se alinearon directamente con la misión del centro de contribuir a la preservación de especies endémicas, especialmente el *Ambystoma mexicanum*. A través del servicio social, se promovieron competencias clave en técnicas de conservación y manejo de fauna acuática, en línea con el enfoque de la carrera.

En específico, las actividades permitieron:

Fortalecer habilidades en el manejo de especies acuáticas: el cultivo y la

administración de alimentos vivos como microalgas y zooplancton fomentaron habilidades en producción sustentable, que son esenciales para el manejo de especies acuáticas de interés como las nativas en entornos controlados.

Aplicación de técnicas de investigación y documentación científica: la identificación de microalgas y zooplancton, junto con el monitoreo de parámetros fisicoquímicos en el cultivo, integra habilidades prácticas necesarias para la biología de la conservación y la acuicultura.

En conjunto, estas actividades no solo apoyan la preservación del *A. mexicanum*, sino que también aportan a la formación académica y profesional en técnicas de conservación, investigación aplicada y gestión de recursos acuáticos, cumpliendo con los objetivos formativos del programa de estudios.

8.-Aprendizaje

El servicio social permitió consolidar conocimientos y competencias relacionadas con los rubros de biodiversidad, recursos naturales y producción primaria, abordados en el plan de estudios. A través de las actividades realizadas, se integraron elementos teóricos y prácticos que fortalecieron la comprensión de procesos ecológicos esenciales para la conservación y manejo sostenible de los recursos naturales.

En el rubro de biodiversidad y recursos naturales, la identificación y cultivo de microorganismos como microalgas y zooplancton fue clave para entender la complejidad y riqueza de los ecosistemas acuáticos. La observación de las microalgas bajo microscopio a través de técnicas de tamización y alícuota permitió documentar la diversidad microbiana presente en un humedal, destacando la importancia de estos microorganismos en la base de las cadenas tróficas. Asimismo, la identificación de especies de zooplancton, incluyendo cladóceros y copépodos, proporcionó una comprensión detallada sobre la biodiversidad funcional, evidenciando el papel de estos organismos como bioindicadores de la

calidad del agua y como fuente de alimento en la red trófica. Estas actividades conectan directamente con los objetivos del plan de estudios, ya que fomentan la capacidad de análisis de la biodiversidad y su relevancia en la dinámica de los ecosistemas.

En el ámbito de producción primaria, las prácticas relacionadas con el cultivo de microalgas contribuyeron al entendimiento de los procesos biológicos y ambientales. Las escalaciones progresivas en el volumen de cultivo, iniciando con frascos de vidrio de 300 ml y culminando en tinas de plástico de 200 litros, requirieron un manejo técnico que incluyó el monitoreo constante de parámetros cualitativos como coloración, sedimentación y crecimiento visible. La implementación de técnicas sostenibles, como el uso de fertilizantes, la preparación controlada del agua de cultivo mediante cloración y decloración, el control de factores abióticos como aireación y temperatura reforzó los principios de sostenibilidad y aprovechamiento eficiente de recursos.

Adicionalmente, la escalación de cultivos de zooplancton en tambos de mayor capacidad, manteniendo una proporción adecuada entre microalgas y agua, ofreció una experiencia práctica en la gestión de sistemas de producción primaria que vinculan microorganismos productores y consumidores. Este conocimiento, aplicado en la alimentación controlada y el mantenimiento de poblaciones de zooplancton, subraya la relación entre la producción primaria y secundaria en los ecosistemas acuáticos.

En conclusión, el servicio social permitió articular de manera directa las competencias adquiridas en el plan de estudios con las actividades prácticas realizadas, reforzando la capacidad de análisis y manejo de la diversidad, así como la implementación de técnicas para la producción primaria de organismos clave. Esto no solo contribuye a la formación profesional, sino también al entendimiento integral y responsable de los recursos naturales.

9.- Referencias Bibliográficas.

CIBAC (Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuernavaca), UAMX (Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco). 2024. Recuperado de: <http://www2.xoc.uam.mx/investigacion/cibac/quienes/>

Gualtieri, P., y Barsanti, L. 2023. *Algae: Anatomy, biochemistry, and biotechnology*. Boca Raton: CRC Press, (3), 13,31,40,363.

Ho, S. H., Chen, C. Y., Lee, D. J., y Chang, J. S. 2011. *Perspectives on microalgal CO₂-emission mitigation systems - A review*. *Biotechnology Advances*, 29(2), 189–198. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2010.11.001>

IUCN. 2019. The IUCN Red List of Threatened Species [Preprint]. “*Ambystoma mexicanum*: IUCN SSC Amphibian Specialist Group”. Disponible en: <https://doi.org/10.2305/iucn.uk.2020-3.rlts.t1095a53947343.en>.

Lim, Y. A., Chong, M. N., Foo, S. C., y Ilankoon, I. M. S. K. 2021. *Analysis of direct and indirect quantification methods of CO₂ fixation via microalgae cultivation in photobioreactors: A critical review*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 137(April 2020), 110579. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110579>

Molina, V. A. H. 2011. *El ajolote de Xochimilco*. *Ciencias*, (98)54-59. Recuperado a partir de <https://www.revistas.unam.mx/index.php/cns/article/view/22873>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1989. *La producción de alimento vivo y su importancia en acuicultura una diagnosis* [en línea] disponible en <<https://www.fao.org/3/ab473s/AB473S00.htm>> [consulta: fecha 20 julio 2024].

Prescott, G. W. 1954. *The Fresh Water Algae*. Dubuque, Iowa: Pictured Key Nature Series, 62,63,65,69,74.

Prieto M, C, L y Morales, M. 2006. *Cultivo experimental del cladóceros Moina sp. Alimentado con Ankistrodesmus sp. y Saccharomyces cerevisiae*. Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Córdoba; 11(1):705-714.

Phycokey. 2017. *An image-Based key: algae (PS protista), Cyanobacteria, and other aquatic objects* [en línea] disponible en <<https://cfb.unh.edu/phycokey/phycokey.htm>> [consulta: 20 octubre 2024].

Phycokey. 2017. *An image-Based key: Ankistrodesmus (unicells nd colonies) (Chlorophyceae)* [en línea] disponible en <https://cfb.unh.edu/phycokey/Choices/Chlorophyceae/colonies/colonies_not_flagellated/ANKISTRODESMUS/Ankistrodesmus_key.html> [consulta: 20 octubre 2024].

Phycokey. 2017. *An image-Based key: Clorella (Chlorophyceae)* [en línea] disponible en <https://cfb.unh.edu/phycokey/Choices/Chlorophyceae/unicells/non_flagellated/CHLORELLA/Chlorella_key.htm> [consulta: 20 octubre 2024].

Phycokey. 2017. *An image-Based key: Golenkinia (Chlorophyceae)* [en línea] disponible en <https://cfb.unh.edu/phycokey/Choices/Chlorophyceae/unicells/non_flagellated/GOLENKINIA/Golenkinia_key.html> [consulta: 20 octubre 2024].

Phycokey. 2017. *An image-Based key: Scenedesmus (Chlorophyceae)* [en línea] disponible en <https://cfb.unh.edu/phycokey/Choices/Chlorophyceae/colonies/colonies_not_flagellated/SCENEDESMUS/Scenedesmus_key.html> [consulta: 20 octubre 2024].

Xu, P., Li, J., Qian, J., Wang, B., Liu, J., Xu, R., Chen, P., y Zhou, W. 2023. *Recent advances in CO₂ fixation by microalgae and its potential contribution to carbon neutrality*. Chemosphere, 319(January).

by *microalgae*. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 96(6), 1475–
1495. <https://doi.org/10.1002/jctb.6714>

10. Visto bueno.



Dra. Martha Rodríguez Gutiérrez
(No. Económico 3059)



Dr. José Antonio Ocampo Cervantes
(No. Económico 36587)