



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO**

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

**INFORME FINAL DEL SERVICIO SOCIAL
POR ACTIVIDADES RELACIONADAS CON LA PROFESIÓN
PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**El efecto del selenio como antioxidante en la peroxidación lipídica y
estrés oxidativo en el cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*)**

QUE PRESENTA

Luis Adolfo Hernández Hernández

Matricula
2212028505

ASESORES

Dr. José Antonio Mata Sotres (Asesor interno)
Número económico 44314

Dr. Daniel Becerril Cortés (Asesor externo)
Número económico 39413

Ciudad de México

Octubre de 2026

Resumen

La acuicultura se destaca como un sector en rápida expansión y desempeña un papel fundamental para satisfacer una parte significativa de la demanda mundial de proteína animal para consumo humano. Sin embargo, los peces cultivados son susceptibles a enfermedades infecciosas y nutricionales, provocando mortalidad y bajas tasas de crecimiento, induciendo a la respuesta fisiológica del estrés. El presente trabajo tuvo como objetivo el análisis del efecto del selenio como antioxidante en la peroxidación lipídica y el estrés oxidativo en el cultivo de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Se desarrollo un bioensayo con 45 organismos de tilapia en 9 peceras distribuidos aleatoriamente, con una densidad de 5 organismos por pecera y tres replicas por tratamiento. Se realizaron tres dietas experimentales con la adición de selenio al 0% (control), 0.5% (T1) y 0.10% (T2). Durante seis semanas de experimentación los peces fueron alimentados el 6% de su peso. Cada 15 días se realizaron biometrías para obtener la ganancia en peso (WG), la tasa de conversión alimenticia (FCR), la tasa de supervivencia (SR, %), el factor de condición de Fulton (K) y el índice hepatosomático (IH). Los datos se analizaron mediante ANOVA de una vía usando Statistica 8.0™. Con base en los resultados, se obtuvo una supervivencia de 86.67% para control, 80% para T1 y 53.33 para T2. La ganancia en peso fue mayor en tratamiento T2 con 2.96 ± 0.78 , así como la mayor tasa de conversión alimenticia con 0.66 ± 0.17 , sin embargo, no hubo diferencia significativa, concluyendo que la inclusión del selenio en la dieta de la tilapia puede ser un aditivo que mejore el rendimiento de crecimiento y así disminuya los niveles de estrés oxidativo.

Palabras clave: Acuicultura, estrés oxidativo, *Oreochromis niloticus*, selenio, cultivo.

Índice

Introducción.....	3
Ubicación geográfica dónde se realizó el servicio social.....	5
Marco Institucional	5
Objetivo general	6
Descripción específica de las actividades desarrolladas.....	6
Descripción del vínculo de las actividades desarrolladas con los objetivos de formación del plan de estudios.....	10
Aporte social.....	10
Referencias bibliográficas	12
Vo. Bo. de los asesores.....	14

Introducción

La acuicultura se ha consolidado como una de las principales fuentes de proteína animal a nivel mundial, contribuyendo a la seguridad alimentaria, la generación de empleo y el desarrollo rural en múltiples regiones (FAO, 2022; Naylor *et al.*, 2000). La tilapia de Nilo (*Oreochromis niloticus*) es reconocida como una de las especies acuícolas más importantes debido a su rápido crecimiento, fácil adaptación al cultivo intensivo y tolerancia a niveles moderados de oxígeno (Becerril *et al.*, 2022). Sin embargo, la intensificación de su producción ha provocado la aparición de enfermedades infecciosas, presencia de contaminantes o patógenos dando lugar a un incremento en la mortalidad y pérdidas económicas significativas (Becerril *et al.*, 2022; Rumsey y Hall, 2019).

Estos elementos no solo impactan el crecimiento y la conversión alimentaria, sino que inducen respuestas fisiológicas de estrés. En particular, los procesos de estrés oxidativo, desencadenados por desequilibrios entre especies reactivas de oxígeno (ERO) y sistemas de defensa antioxidante, han recibido especial atención en la acuicultura moderna (Ahmad *et al.*, 2017). El estrés oxidativo puede derivar de condiciones de estrés ambiental como temperaturas extremas, alta densidad, mal manejo de la oxigenación y exposición a metales pesados o contaminantes, y se manifiesta como daño a lípidos, proteínas y ADN, afectando el rendimiento, la inmunidad y la resiliencia de los peces (Ortiz *et al.*, 2012; Pereira *et al.*, 2015).

En tilapia, al igual que en otras especies acuáticas, la defensa frente al estrés oxidativo está mediada por enzimas antioxidantes clave, entre las que destacan el superóxido dismutasa (SOD), la catalasa (CAT) y el glutatión peroxidasa (GPx). La

SOD cataliza la dismutación de los radicales superóxidos en peróxido de hidrógeno y oxígeno, la CAT descompone el peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno, y la GPx reduce el peróxido de hidrógeno y los hidroperóxidos usando glutatión como donante de electrones, mitigando así el daño oxidativo a lípidos, proteínas y ácidos nucleicos (Ochoa y González, 2008). Este trío de enzimas constituye una defensa enzimática integrada que responde a la sobreproducción de ERO y a cambios en el estado redox del organismo (Li *et al.*, 2018).

El selenio, micronutriente esencial para las selenoproteínas, desempeña un papel crucial como cofactor de GPx y de otras selenoenzimas antioxidantes. Su adecuado aporte mejora la actividad de GPx, potencia la capacidad de neutralización de especies reactivas y contribuye a la integridad de membranas y procesos inmunológicos (Rayman, 2000; Surai, 2006). En este sentido, la suplementación con selenio puede modular la respuesta antioxidante de tilapia expuesta a estresores ambientales, optimizando el crecimiento, la salud y la resistencia a enfermedades. Este efecto se enmarca en una estrategia nutricional que busca reducir pérdidas productivas asociadas al estrés oxidativo y promover cultivos más estables y sostenibles (Whenham *et al.*, 2019; Lin *et al.*, 2021).

Por lo tanto, la acuicultura debe tener prácticas de manejo, nutrición y bioseguridad que minimicen el estrés oxidativo y potencien las defensas antioxidantes de las especies cultivadas. De este modo, la tilapia representa una especie importante para estudiar y aplicar intervenciones nutricionales centradas en SOD, CAT y GPx, con el selenio (Ahmed *et al.*, 2022). Esta línea de investigación no solo aporta a la optimización de la producción, sino que también contribuye a una acuicultura más responsable desde el punto de vista ambiental y sanitario.

Ubicación geográfica dónde se realizó el servicio social

Las actividades del servicio social se realizaron en el Laboratorio de Microbiología Acuática, en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco localizada en Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Delegación Coyoacán, C.P. 04960, CDMX (Figura 1).

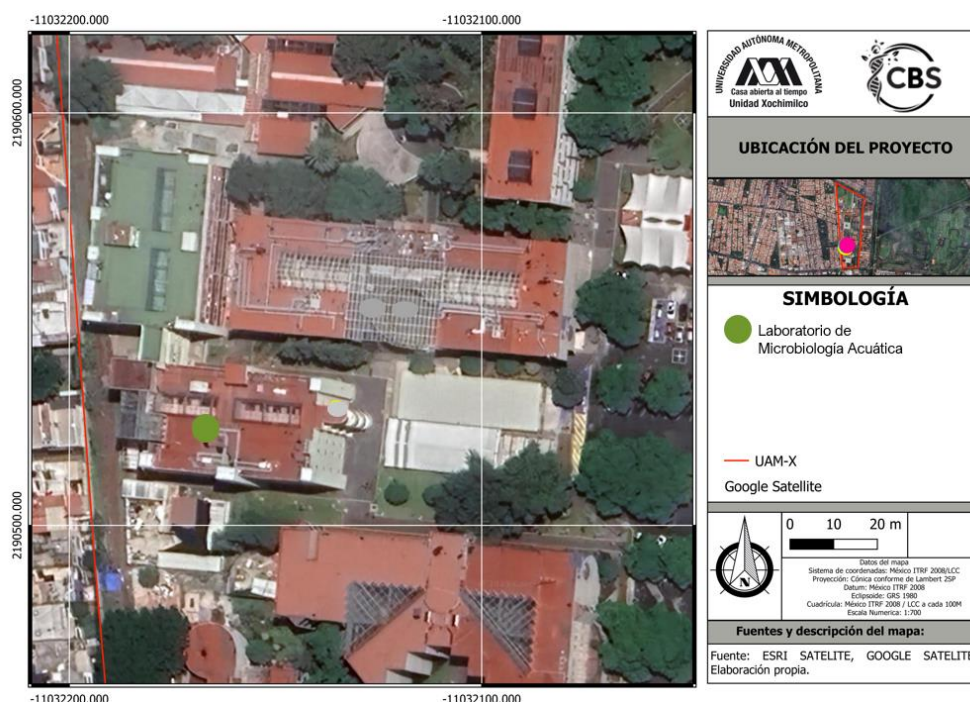


Figura 1. Ubicación del Laboratorio de Microbiología Acuática en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.

Marco Institucional

La Universidad Autónoma Metropolitana, como institución educativa, tiene tres tareas sustantivas: la docencia, la investigación y la difusión y preservación de la cultura, que incluye la divulgación de la ciencia. Toda institución pública está obligada a compartir el conocimiento que se desprende de sus aulas, laboratorios y trabajos de campos, así como de participar en las soluciones que aquejan al ser humano o que deploran al ambiente natural, y para ello, la divulgación de la ciencia

juega un papel importante, como puente entre la sociedad y la comunidad académica. En 1974, año de su fundación, la UAM tuvo como encomienda, al definir la Ley Orgánica a la preservación y a la difusión de la cultura como una función sustantiva junto a la docencia y a la investigación, difundir una serie de conocimientos y actividades no especializados, como apoyos para la educación, y para extender las funciones académicas hacia el contexto social que sustenta a la Institución. De modo correspondiente, tuvo también la encomienda de interiorizar las manifestaciones más calificadas del saber y el sentir de la sociedad, para nutrir las propias funciones sustantivas de la Universidad. Tanto la Rectoría General como las coordinaciones de Extensión Universitaria de las unidades de la UAM asumieron esa encomienda para centrar en el desarrollo de la función científica y cultural que prevalece hasta nuestros días.

Objetivo general

Participar en actividades académicas y técnicas relacionadas con el análisis del efecto del selenio como antioxidante en la peroxidación lipídica y el estrés oxidativo en el cultivo de tilapia (*O. niloticus*), fortaleciendo la formación profesional en el área biológica y acuícola.

Descripción específica de las actividades desarrolladas

1. Diseño experimental

En total 45 peces de tilapia, con un peso promedio de 2.01 ± 0.02 gr, se distribuyeron aleatoriamente en 9 peceras con 40 L de capacidad, con una densidad de 5 organismos por pecera. Los tratamientos experimentales fueron: Control (alimento

sin adición de selenio), T1 (alimento con adición del 0.5% de selenio) y T2 (alimento con adición del 0.10% de selenio). Todos los tratamientos se realizaron por triplicado y se distribuyeron aleatoriamente. La duración del experimento fue de 44 días.

2. Condiciones de cultivo

Los peces fueron aclimatados en un periodo de una semana en un tinaco de 80 L, a una temperatura de 24.89 ± 1.20 °C y oxígeno disuelto de 6.68 ± 0.27 mg L⁻¹ y un contenido de amonio de 0.1 mg L⁻¹. Todos los tratamientos incluyeron recambios de agua (aproximadamente del 30%) cada 7 días o cuando los niveles de amonio superaban 1 mg L⁻¹.

3. Alimentación e incorporación del selenio en la dieta

Los organismos fueron alimentados tres veces al día (9:00, 12:00 y 15:00 hrs) al 6% de su biomasa. Los ingredientes, fueron molidos, tamizados a 0.50 mm y mezclados hasta lograr una masa homogénea (Mata *et al.*, 2022). La mezcla se moldeó en fragmentos uniformes utilizando un tamiz de 2 mm de diámetro. Los fragmentos húmedos fueron sometidos a secado a 40 °C por 24 horas y posteriormente almacenados.

Se elaboraron tres dietas experimentales; una dieta control sin adición de selenio, una dieta con adición de selenio al 5% (T1) y una dieta con adición de selenio al 10% (T2), como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Ingredientes para la dieta experimental (gr/kg) y adición de selenio para tratamiento uno y dos.

Tratamientos

Ingredientes (gr/kilo)	Control (0%)	T1 (5%)	T2 (10%)
Harina de pescado	300	300	300
Harina de pollo	150	150	150
Harina de trigo	110	110	110
Harina de maíz	200	200	200
Almidón (maicena)	150	150	150
Grenetina	20	20	20
Vitaminas y minerales	20	20	20
Aceite de pescado	30	30	30
Aceite de girasol	20	20	20
Total	1000	1000	1000
Selenio			
Selenio (gr/kg)	0	0.5%	0.10%

4. Crecimiento de los organismos

Se obtuvo el peso y la longitud estándar cada 15 días para determinar los índices de rendimiento como se muestra en la Figura 2. La supervivencia se registraba diariamente. Durante la manipulación, los peces fueron anestesiados con dosis de aceite de clavo (5 mg L^{-1}) para evitar el estrés. Los parámetros de desempeño se calcularon de la siguiente manera:

$$\text{Ganancia de peso (WG, g)} = \text{peso final} - \text{peso inicial}$$

$$\text{Tasa específica de crecimiento (SGR, \%)} = 100 \times [(\text{peso final} - \text{peso inicial}) / \text{días de alimentación}]$$

$$\text{Tasa de conversión alimenticia (FCR)} = \text{ingesta de alimento} / \text{ganancia de peso}$$

$$\text{Tasa de supervivencia (SR, \%)} = (\text{número final} / \text{número inicial}) \times 100$$

$$\text{Factor de condición (K)} = (\text{peso final} / \text{longitud final}^3) \times 100$$

$$\text{Índice hepatosomático (IH)} = (\text{Peso del hígado} / \text{Peso total del pez}) \times 100$$

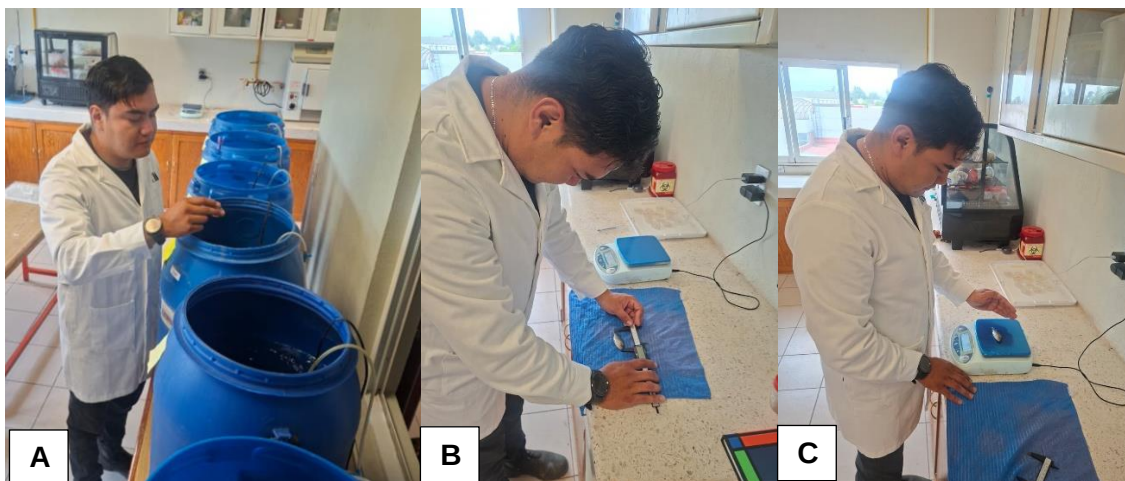


Figura 2. A) Alimentación de os organismos, B) Medición de longitud estándar (cm) de los organismos y C) Medición de peso (g) de los organismos (*O. niloticus*).

5. Rendimiento de crecimiento

La Tabla 2 muestra los valores obtenidos sobre el rendimiento de crecimiento y supervivencia tras 44 días de experimentación. La supervivencia más alta fue en el tratamiento control con 86.67%, seguido de T1 con 80% y T2 con 53.33% respectivamente. Por el contrario, el tratamiento con mayor ganancia en peso fue T2 con 2.96 ± 0.78 , seguido del T1 con 2.68 ± 0.92 y de control con 2.66 ± 0.75 gramos. Por otro lado, en la tasa específica de crecimiento en valor más alto fue control 2.14 ± 0.19 , entre los tres tratamientos no hubo diferencia significativa.

Tabla 2. Rendimiento en el crecimiento (media $\pm$ DE) de tilapia (*O. niloticus*) alimentados con adición de selenio.

Parámetro	Control (0%)	T1 (5%)	T2 (10%)	P
WG (g)	2.66 $\pm$ 0.75	2.68 $\pm$ 0.92	2.96 $\pm$ 0.78	0.95
SGR (%)	2.14 $\pm$ 0.19	2.09 $\pm$ 0.05	1.87 $\pm$ 0.35	0.70
FCR	0.63 $\pm$ 0.16	0.66 $\pm$ 0.17	0.62 $\pm$ 0.16	0.98
SR (%)	86.67	80	53.33	0.22
K	21.06 $\pm$ 17.86	6.42 $\pm$ 2.89	2.85 $\pm$ 0.31	0.47
IH	1.38 $\pm$ 0.17	2.14 $\pm$ 0.71	2.68 $\pm$ 0.72	0.42

Diferencia significativa ($P > 0.05$).

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

Las actividades realizadas en el servicio social me permitieron poner en práctica los conocimientos obtenidos en el módulo producción secundaria, mediante el cultivo de los organismos acuáticos alimentados con distintas dietas probadas.

De igual manera, el servicio social contribuyó al desarrollo de responsabilidad, organización y trabajo colaborativo. La vinculación entre conocimiento teórico y práctica profesional permitió consolidar una perspectiva más amplia sobre la aplicación de los conocimientos de la licenciatura en biología enfocado a la nutrición y producción de organismos acuáticos.

Aporte social

El servicio social contribuyó a la investigación orientada al conocimiento sobre la adición del selenio que pueden favorecer la nutrición acuícola y disminución de estrés oxidativo. La comprensión de factores que influyen en la salud de la tilapia

resulta relevante para el desarrollo de estrategias que promuevan mejores condiciones de cultivo, una producción más eficiente y responsable.

En este sentido, las actividades realizadas durante el servicio social se vinculan con la generación de conocimiento útil para el aprovechamiento de la inclusión de aditivos funcionales en la nutrición acuícola.

Referencias bibliográficas

- Ahmad, M., Bakhsh, A., y Shah, M. (2017). *Oxidative stress in fish: Mechanisms and management*. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 27(2), 123-140.
- Ahmed, A., Zhang, Y., y Li, X. (2022). *Selenium enrichment and oxidative stress in aquaculture: A review*. Journal of Aquaculture Research, 14(3), 123-139.
- Becerril-Cortés, D., Hamdan-Partida, A., Mata-Sotres, J. A., Emerenciano, M. G. C., y Monroy-Dosta, M. d. C. (2022). *Yeast Rhodoturula glutinis as a modulator of innate immune and oxidative stress-related genes in Oreochromis niloticus cultured in a Biofloc system*. Latin American Journal Of Aquatic Research, 50(5), 739-752.
- FAO. (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. FA
- Li, D., Chen, Y., y Wang, S. (2018). *Redox balance and antioxidant enzymes in fish: A review*. Fish Physiology and Biochemistry, 44(4), 971-990.
- Lin, X., Zhang, H., y Liu, J. (2021). *Selenium supplementation enhances antioxidant defense and growth in fish under stress*. Aquaculture Nutrition, 27(5), 1113-1125.
- Mata Sotres, J. A., Flores Salas, C., Skrzynska, A. K., Tinajero, A., Araújo, B. C., y Viana, M. T. (2021). *Lipid metabolism in juvenile of Yellowtail, Seriola dorsalis fed diets containing different lipid levels*. Aquaculture, 550, 737870.
- Naylor, R., Hardy, R., & Bureau, D. (2000). *Aquaculture: A quick global overview*. Nature, 405(6785), 657-663.

- Ochoa, DM y González, JF. (2008). *Estrés oxidativo en peces inducido por contaminantes ambientales*. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, vol. 55, núm. II, 2008, pp.115-126.
- Ortiz, C., Rodríguez, F., y Cruz, F. (2012). *Oxidative stress in fish under environmental challenges*. Journal of Fish Diseases, 35(2), 165-178.
- Pereira, H., Cerqueira, M., y Campos, M. (2015). *Oxidative stress biomarkers in fish: Applications in aquaculture*. Fish Physiology and Biochemistry, 41(2), 349-360.
- Rayman, M. P. (2000). *The importance of selenium to human health*. The Lancet, 356(9225), 233-241.
- Rumsey, G., y Hall, A. (2019). *Aquaculture production challenges: An overview*. Global Aquaculture Review, 11(3), 210-222.
- Surai, P. (2006). *Selenium in poultry nutrition. Notable selenium functions in immunity and antioxidation*. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 90(5-6), 299-308.
- Whenham, K., Li, Q., y Sun, Y. (2019). *Selenium and antioxidant defense in fish: Through selenoproteins*. Biomed Research International, 2019, 1-12.

Vo. Bo. de los asesores



Dr. José Antonio Mata Sotres (Asesor interno)

Número económico 44314



Dr. Daniel Becerril Cortés (Asesor externo)

Número económico 39413