

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

**“Mantenimiento en cautiverio de *Ambystoma
mexicanum* con dietas enriquecidas con selenio”**

QUE PRESENTA EL ALUMNO

Omar Espinosa Román

2142030486

ASESORES

Dra. Gabriela Vázquez Silva (No. Eco. 30288)
Biol. Fernando Carlos Arana Magallón (No. Eco. 15646)

RESUMEN

Las especies en peligro de extinción requieren atención en cuanto al manejo y cuidados adecuados para su correcta y exitosa preservación y conservación, este es el caso de *Ambystoma mexicanum* una especie neoténica que en los últimos años sus poblaciones han sido disminuidas debido al deterioro del medio ambiente, a la introducción de especies exóticas y la destrucción de su hábitat (Zambrano *et al.*, 2010; Alcaraz *et al.*, 2015). La dieta del ajolote en su hábitat natural consiste en pequeños peces, babosas, caracoles, lombrices de tierra y gusanos de fango. Sin embargo, tratándose de *A. mexicanum* en cautiverio su alimentación consiste en *Tubifex sp.* y nauplios de *Artemia sp.* dependiendo de la etapa en que se encuentren de acuerdo a su ciclo de vida (Gresens 2014). Por lo que el objetivo general es la evaluación del efecto de la administración del Selenio en *Ambystoma mexicanum* en los parámetros de desempeño productivo. Para el experimento se utilizaron 135 ajolotes de dos años de edad, distribuidos de acuerdo a su peso y sexo (macho y hembra), en dieciocho unidades experimentales completamente al azar de la siguiente forma; Experimento 1 Hembras: $n= 54$, 6 organismos por tina, Experimento 2 Machos: $n= 81$, 9 organismos por tina. Cada experimento se dividió en tres tratamientos con tres repeticiones de diferente concentración de selenio dosis testigo 0%, media 0.5% y recomendada 1%. Se calcularon los parámetros de crecimiento obteniendo los siguientes resultados; para los organismos hembras, la dosis de 1% obtuvo los mejores resultados, ya que se registró un peso de $90.37\text{g} \pm 5.06$, biomasa de $511.23\text{g} \pm 48.18$, tasa específica de crecimiento de $0.90 \text{ %/día} \pm 0.40$, incremento de peso ($12.69\text{g} \pm 5.80$) y una ganancia diaria de peso ($0.14 \text{ g/día} \pm 0.06$). Para los organismos machos la dosis de 0.5% obtuvo el mayor peso ($83.89\text{g} \pm 4.04$) así como la tasa específica de crecimiento de $0.20 \text{ %/día} \pm 0.40$ y un incremento de peso de $13.41\text{g} \pm 4.08$, la biomasa y ganancia diaria de peso más alta fue para la dosis de 1% siendo de $746.73\text{g} \pm 17.72$ y $0.15\text{g/día} \pm 0.05$ respectivamente. Los parámetros fisicoquímicos del agua para ambos experimentos se mantuvieron dentro de los niveles adecuados para el mantenimiento y supervivencia del ajolote.

Palabras clave: *Ambystoma mexicanum*, selenio, dieta, crecimiento

Contenido

MARCO INSTITUCIONAL DEL PROGRAMA O PROYECTO DEL SERVICIO SOCIAL	3
INTRODUCCIÓN	3
ANTECEDENTES DEL PROGRAMA O PROYECTO DE SERVICIO SOCIAL	6
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROGRAMA O PROYECTO DONDE SE REALIZÓ EL SERVICIO SOCIAL.....	6
OBJETIVO GENERAL DEL PROGRAMA O PROYECTO DONDE SE REALIZÓ EL SERVICIO SOCIAL.....	6
ESPECIFICACIÓN Y FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS	7
IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES DEL SERVICIO SOCIAL EN PROGRAMA O PROYECTO DE ADSCRIPCIÓN.....	8
APRENDIZAJE Y HABILIDADES OBTENIDAS DURANTE EL DESARROLLO DEL SERVICIO SOCIAL	9
RESULTADOS OBTENIDOS.....	9
FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES DEL SERVICIO SOCIAL.....	28
REFERENCIAS	29

MARCO INSTITUCIONAL DEL PROGRAMA O PROYECTO DEL SERVICIO SOCIAL

La Licenciatura en Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco tiene como misión formar biólogos cuyas habilidades, competencias y conocimientos les permitan participar en el diagnóstico, gestión y planeación del uso, conservación y restauración de los recursos naturales (UAM-X, 2019). La Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco tiene como objetivo la contribución al conocimiento para el servicio y desarrollo social con el fin de construir una sociedad responsable ante el medio ambiente, justa y equitativa, mediante la formación de recursos humanos que sean capaces de realizar actividades científicas para desarrollar con un enfoque multidisciplinario estrategias en el manejo de los recursos naturales. En el laboratorio de Limnobiología y Acuicultura este objetivo se cumple ampliamente en el proyecto de investigación Limnobiología y Aspectos Acuícolas de la Zona Lacustre de Xochimilco, Ciudad de México aprobado el 02 de febrero de 2017 dicho proyecto fomenta la conservación de especies endémicas como el *Ambystoma mexicanum*, por lo que el servidor social se integra en actividades relacionadas con el mantenimiento de colonias de dicha especie, con la suplementación de una dieta enriquecida con selenio, la cual puede mejorar el desempeño productivo de éste anfibio en peligro de extinción, de esta forma contribuyendo a su conservación y uso racional en la Zona Lacustre de Xochimilco.

INTRODUCCIÓN

El selenio es un mineral con función biológica que actúa como antioxidante de los radicales libres que son producidos normalmente en el metabolismo de las células animales principalmente en organelos como lo son la mitocondria y los peroxisomas. Además este mineral es uno de los antioxidantes del organismo al formar parte de la enzima glutatión peroxidasa, que previene la formación de radicales libres. Su función está relacionada con otros antioxidantes (vitaminas A, C y E). Además, interviene en el mantenimiento del estado redox intracelular (tioredoxina reductasa). Una disfunción de esta enzima conduce a la acumulación

de hidroperóxidos, debido a que la enzima participa en la eliminación de H_2O_2 e hidroperóxidos orgánicos, y se relaciona con multitud de síntomas asociados con el déficit de Selenio (López *et al.*, 2008; Marzec-Wróblewska *et al.*, 2012).

Villalba (2014) menciona que la ingesta diaria de selenio recomendada en humanos se encuentra entre 55 y 70 μg ; mientras que en peces se encuentra entre 0.15 y 0.38 mg/kg (Vinchira y Muñoz-Ramírez, 2010). El selenio es un mineral que se encuentra en diversos alimentos como en carnes, pescados, mariscos, leche, cereales, nueces, frutas y verduras. El consumo marginal de este mineral se manifiesta en una disminución de la actividad de enzimas, dejando a la célula expuesta al ataque oxidativo de radicales libres lo que ocasiona alteraciones, entre las cuales se encuentra la reproducción (López *et al.*, 2008; López *et al.*, 2013). El selenio tiene una actividad antioxidante, cuya función biológica se define como aquella sustancia, que estando presente en concentraciones muy pequeñas comparadas con las de un sustrato oxidable, disminuye o evita la oxidación de este (Arce ,2003). Tales sustancias pueden tener acción directa, por medio de la neutralización de los radicales libres y especies reactivas no radicales, o indirecta, a través de sistemas enzimáticos con capacidad para su neutralización (Barbosa *et al.*, 2008).

En animales acuáticos se han realizado estudios en donde se evalúa el efecto de dietas en la alimentación complementada con aditivos nutricionales como el selenio (Bermúdez *et al.*, 2012). Para comprobar dicho efecto se establecen parámetros productivos tales como ganancia de peso, tasa de crecimiento específico, supervivencia, rendimiento en filete, tasa de fertilidad entre otros. Cabe señalar que el selenio es un mineral tóxico cuando sobrepasa determinados niveles de ingestión, que varían de acuerdo con la especie, la propia fuente, cantidad y tiempo de exposición (Moreno, 2000). No obstante la suplementación de la dieta de animales acuáticos con selenio influye positivamente en el desarrollo, crecimiento y mantenimiento de las funciones metabólicas en especies tales como trucha, pez gato americano, mero, lubina estirada, cobia y carpa (Vinchira *et al.*, 2014). En estudios de campo algunos resultados muestran que la suplementación dietaria con

(selenio-levadura) y (selenito de sodio) no afectaron el desempeño productivo en términos estadísticos; sin embargo, el selenio es factor significativo en el aumento de fertilidad en muchas especies animales (Vinchira *et al.*, 2014). Respecto a lo anterior, los requerimientos y efectos de dicho mineral en animales silvestres como reptiles y anfibios son poco conocidos.

México ocupa el quinto lugar entre los países con mayor biodiversidad de anfibios contando con alrededor de 376 especies (Parra-Olea *et al.*, 2014). Entre los anfibios, el grupo de las salamandras tiene un alto grado de endemismo, sobre todo las especies de la familia Plethodontidae y Ambystomatidae (Flores-Villela, 1993). Respecto a los urodelos, la zona lacustre de Xochimilco en la Ciudad de México alberga al “axolotl o ajolote” *Ambystoma mexicanum* endémico de la Cuenca de México (Parra-Olea *et al.*, 2014).

En la cultura del país es común el consumo de este grupo de anfibios por su carne blanca y excelente sabor y su aprovechamiento en la medicina tradicional para el tratamiento de enfermedades respiratorias. En la actualidad se considera como rara su presencia en vida silvestre a causa del deterioro del medio ambiente, de la introducción de especies exóticas y de la transformación del hábitat. (Zambrano *et al.*, 2010; Alcaraz *et al.*, 2015). La introducción de especies exóticas en los cuerpos acuáticos de Xochimilco, que son catalogadas como invasoras han mermado las poblaciones de este urodelo, actualmente la carpa común (*Cyprinus carpio*) y la tilapia (*Oreochromis niloticus*) son consideradas como las especies exóticas más abundantes en el sistema lacustre de Xochimilco, desplazando a las especies nativas (Bojorquez *et al.*, 2014), razón por la cual la mayoría de las colonias de ajolote se mantienen en cautiverio.

El ajolote de Xochimilco fue descrito como especie por primera vez por Shaw y Nodder en 1798, y se distingue de otros anfibios por retener caracteres larvarios en estado adulto y durante todo su ciclo de vida, rasgo conocido como neotenia y que lo restringe a un estado acuático. En otras palabras el ajolote, también llamado “axolotl” es una salamandra neoténica, es decir que conserva características en su

fenotipo de una salamandra juvenil incluso en la vida adulta (Molina 2010). La dieta del ajolote en su hábitat natural consiste en pequeños peces, babosas, caracoles, lombrices de tierra y gusanos de fango. Sin embargo tratándose de *Ambystoma mexicanum* criados en cautiverio su alimentación consiste en *Tubifex sp.* y nauplios de *Artemia sp* dependiendo de la etapa en que se encuentren de acuerdo a su ciclo de vida (Gresens 2014). Por lo que es indispensable la investigación sobre aspectos nutricionales del ajolote de Xochimilco mantenido en cautiverio.

ANTECEDENTES DEL PROGRAMA O PROYECTO DE SERVICIO SOCIAL

La zona lacustre de Xochimilco (ZLX) es un ecosistema que aún sostiene especies endémicas como peces y anfibios del género *Chirostoma*, *Girardinichthys* y *Ambystoma* (Bojórquez y Arana, 2014), de ahí surge la necesidad de continuar realizando estudios sobre estas especies endémicas en riesgo o peligro de extinción que debido a la problemática ocasionada por el impacto ambiental de origen natural o antropogénico han reducido sus poblaciones.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROGRAMA O PROYECTO DONDE SE REALIZÓ EL SERVICIO SOCIAL

El servicio social se desarrolló en el Laboratorio de Limnobiología y Acuicultura ubicado en el edificio W Lab-002) planta baja, de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, ubicada en la dirección Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Delegación Coyoacán, C.P. 04960, Ciudad de México.

OBJETIVO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El servicio social se vincula con el objetivo general del proyecto de investigación aprobado el 02 de febrero de 2017 el cual se lleva a cabo en el laboratorio de Limnobiología y Acuicultura dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, que consistente en la evaluación el efecto de la administración de selenio en *Ambystoma mexicanum* en los parámetros de desempeño productivo.

ESPECIFICACIÓN Y FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS

Para el experimento realizado se utilizó una colonia de 135 ajolotes mantenida en el laboratorio de Limnobiología y Acuicultura, de la especie *Ambystoma mexicanum* de dos años de edad, distribuidos de acuerdo a su peso y sexo (macho y hembra), en dieciocho unidades experimentales completamente al azar de la siguiente forma; **Experimento 1 Hembras:** $n= 54$, 6 organismos por tina, **Experimento 2 Machos:** $n= 81$, 9 organismos por tina. Cada experimento se dividió en tres tratamientos con tres repeticiones de diferente concentración de selenio, dosis testigo 0%, dosis media 0.5% y dosis recomendada 1%, el experimento tuvo una duración de 13 semanas.

- **ACTIVIDADES REALIZADAS PARA EL EXPERIMENTO**

Mantenimiento: Cada una de las tinas de la colonia de ajolotes se revisaba diariamente, para conocer el estado en el que se encontraban los organismos, los recambios de agua se realizaban tres veces por semana (dos recambios parciales con sifoneo y un recambio total) para evitar la concentración de desechos de los organismos y evitar enfermedades. Cada tina se llenaba con agua de clorada y se mantenían con aireación constante.

Biometría: Cada quince días se registró el peso de cada uno de los ajolotes del experimento, para determinar la biomasa de cada tina con una balanza (SARTORIUS®), así mismo se midió la talla inicial y final que comprende longitud total y longitud hocico-cloaca con un ambystómetro (cm).

Alimentación: El alimento vivo que se utilizó fue gusano de fango (*Tubifex tubifex*), el cual fue enriquecido con selenio orgánico (Bioways®) de acuerdo al tratamiento correspondiente (0 %,0.5 % y 1 %). La tasa de alimentación que se administro fue de 3.5% de la biomasa total de cada tina y esta se ajustaba cada 15 días de acuerdo a dicha biomasa. Los organismos eran alimentados tres veces por semana. Así mismo para mantener vivo el alimento se llevó acabo la actividad de depuración del alimento, que consistió en el lavado diario del gusano.

Parámetros fisicoquímicos: El monitoreo de los parámetros fisicoquímicos del agua se registraron quincenalmente, con el fin de mantener las condiciones óptimas del medio donde se desarrollarán los ajolotes, los parámetros que se evaluaron fueron pH con un potenciómetro marca Hanna Instruments modelo HI98103,

nitratos (NO_3^-), nitritos (NO_2^-), amonio (NH_3^+) con un multiparamétrico marca Hanna Instruments modelo HI98151 y temperatura ($^\circ\text{C}$) con un termómetro de mercurio.

Cálculos y análisis estadístico: Con los resultados obtenidos para cada experimento (Machos y hembras) se elaboró una base de datos en Excel en donde se obtuvo:

- Ganancia diaria de peso: $GP = \frac{(Pf - Pi)}{\text{Tiempo en días}}$ (Moreno-Álvarez et al., 2000)
- Tasa específica de crecimiento: $TEC = \frac{\ln Pf - \ln Pi}{\text{Tiempo en días}} * 100$ (Wootton, 1991)
- Supervivencia: $\% S = \frac{N^\circ \text{ Final de organismos}}{N^\circ \text{ Inicial de organismos}} * 100$ (Arce y Luna, 2003)
- Incremento de peso: $INCP = \text{Peso final} - \text{Peso inicial}$ (Moreno-Álvarez et al., 2000)

Así mismo se determinó la desviación estándar de cada uno de los parámetros evaluados.

IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES DEL SERVICIO SOCIAL

Cada una de las actividades realizadas durante el servicio social fueron de suma importancia debido a que ayudaron al mantenimiento de una colonia de ajolotes de la especie *Ambystoma mexicanum*, así mismo este servicio proporciona la información sobre el crecimiento y alimentación de este anfibio enriqueciendo su dieta basal con selenio orgánico. De esta forma se aporta una nueva alternativa para la mejora reproductiva y el mantenimiento de colonias de esta especie de salamandra neoténica ya que ha sufrido una fuerte reducción de sus poblaciones debido a la transformación del hábitat ocasionada por el incremento de zonas urbanas, ganadería, pérdida de vocación de las chinampas e introducción de especies exóticas, es por ello que se le da importancia a seguir realizando más

estudios para la implementación de nuevas alternativas que mejoren su crecimiento, para su conservación y aprovechamiento.

APRENDIZAJE Y HABILIDADES OBTENIDAS DURANTE EL DESARROLLO DEL SERVICIO

Durante el servicio social se adquirieron conocimientos y habilidades de suma importancia para la conservación y restauración de los recursos naturales, relacionándose así con la misión de la UAM-X en formar biólogos con la capacidad de hacer un buen manejo de la información, inventariar, caracterizar, describir, diagnosticar, evaluar y proponer medidas de manejo de los recursos naturales.

Dentro de estas actividades se aprendió a realizar el manejo adecuado de la especie *Ambystoma mexicanum*, así como la implementación de una dieta suplementada para su alimentación y el manejo que se le tiene que dar al alimento suministrado. La realización del mantenimiento que incluye la limpieza de las tinas y recambios de agua fue de suma importancia para tener en buen estado a los organismos y evitar enfermedades, permitiendo tener las características óptimas para su desarrollo. La toma de los parámetros fisicoquímicos fue importante para conocer la calidad del agua donde se encuentran los organismos. Otra de los aprendizajes fue el manejo e interpretación adecuada de los datos obtenidos en el experimento para aportar información sobre una alternativa de alimentación para mejorar el crecimiento de *A. mexicanum* por medio de la implementación de alimento vivo y un suplemento alimenticio con selenio.

RESULTADOS OBTENIDOS

- **Experimento 1 Hembras.**

En el cuadro 1 se muestran los valores promedio de las variables analizadas de crecimiento de *Ambystoma mexicanum* para los organismos hembras, en donde la dosis recomendada (1 %) obtuvo los mejores resultados a los 90 días del experimento, ya que se obtuvo un peso de $90.37 \text{ g} \pm 5.06$, biomasa de $511.23 \text{ g} \pm 48.18$, tasa específica de crecimiento de $0.90 \text{ \%/día} \pm 0.40$, incremento de peso ($12.69 \text{ g} \pm 5.80$) y una ganancia diaria de peso ($0.14 \text{ g/día} \pm 0.06$).

En cuanto a la supervivencia en los tratamientos testigo y recomendada mostraron el porcentaje más alto siendo de 94.44 % ($n=17$), mientras que la dosis media (0.5 %) la supervivencia fue de 88.89 % ($n=16$).

La longitud total máxima entre los tres tratamientos fue muy similar, obteniéndose en la dosis recomendada (1%) un valor final de 22.83 cm (Figura 1). La longitud hocico-cloaca, fue más alta en el grupo recomendado (1%) siendo de 12.20 cm, mientras que el grupo testigo fue de 11.82 cm, en el tratamiento de dosis media (0.5 %) fue de 11.63 cm (Figura 2).

Cuadro I. Valores promedio del experimento 1 Hembras del crecimiento inicial y final de *Ambystoma mexicanum* alimentado con *Tubifex tubifex* enriquecido con selenio orgánico.

Variables	Tratamientos		
	Testigo 0%	Media 0.5%	Recomendada 1%
Inicial			
Sexo Hembras	$n= 18$	$n= 18$	$n= 18$
Peso (g)	76.82 ± 1.22	78.63 ± 0.74	77.68 ± 0.95
LT (cm)	22.23 ± 0.39	21.77 ± 0.16	22.40 ± 0.68
LHC (cm)	12.02 ± 0.18	11.76 ± 0.13	11.94 ± 0.41
Biomasa (g)	460.77 ± 7.41	471.77 ± 5.69	465.43 ± 5.34
Final			
	$n= 17$	$n= 16$	$n= 17$
Peso (g)	75.03 ± 6.00	82.78 ± 1.54	90.37 ± 5.06
LT (cm)	22.11 ± 0.42	22.01 ± 0.27	22.83 ± 0.43
LHC (cm)	11.82 ± 0.07	11.63 ± 0.18	12.20 ± 0.19
Biomasa (g)	426.77 ± 36.29	441.17 ± 43.46	511.23 ± 48.18
GDP(g/día)	-0.02 ± 0.06	0.05 ± 0.01	0.14 ± 0.06
TEC (%/día)	-0.15 ± 0.44	0.31 ± 0.08	0.90 ± 0.40
Incremento de			
Peso (g)	-1.79 ± 5.36	4.15 ± 1.12	12.69 ± 5.80
Supervivencia (%)	94.44	88.89	94.44

n = Número de ajolotes por tratamiento, LT= Longitud Total, LHC= Longitud hocico cloaca, GDP= Ganancia de peso diario, TEC= Tasa Especifica de Crecimiento.

Con respecto al peso a partir del día 30 se observó un aumento en los tres tratamientos, en el caso del día 90 para la dosis recomendada se obtuvo el valor más alto (90.37 g), mientras que para el grupo testigo el peso final fue de 75.03 g y para la dosis media de 82.78 g (Figura 3).

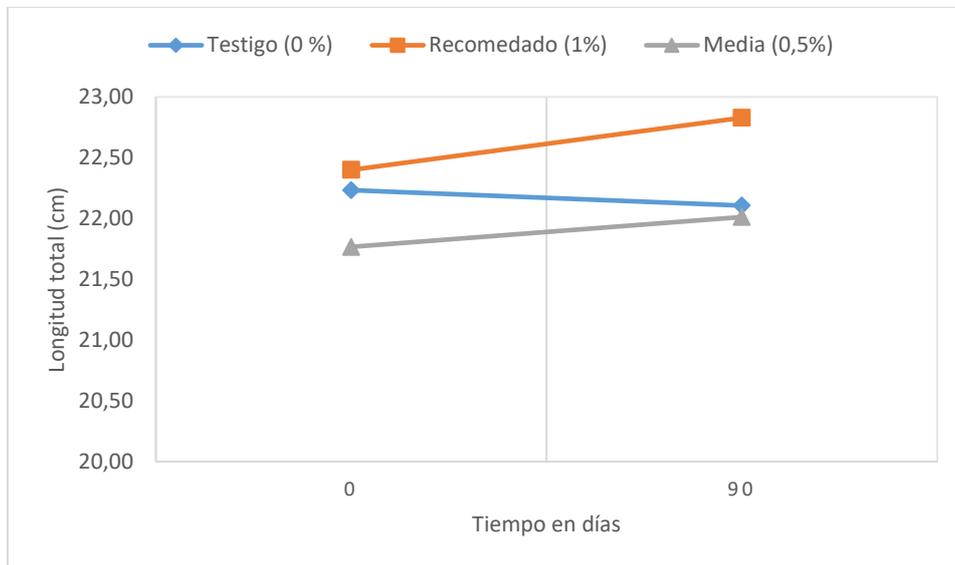


Figura 1. Longitud total inicial y final (cm) de *Ambystoma mexicanum* Hembras de los tres tratamientos con diferente dosis de selenio durante un periodo de 90 días.

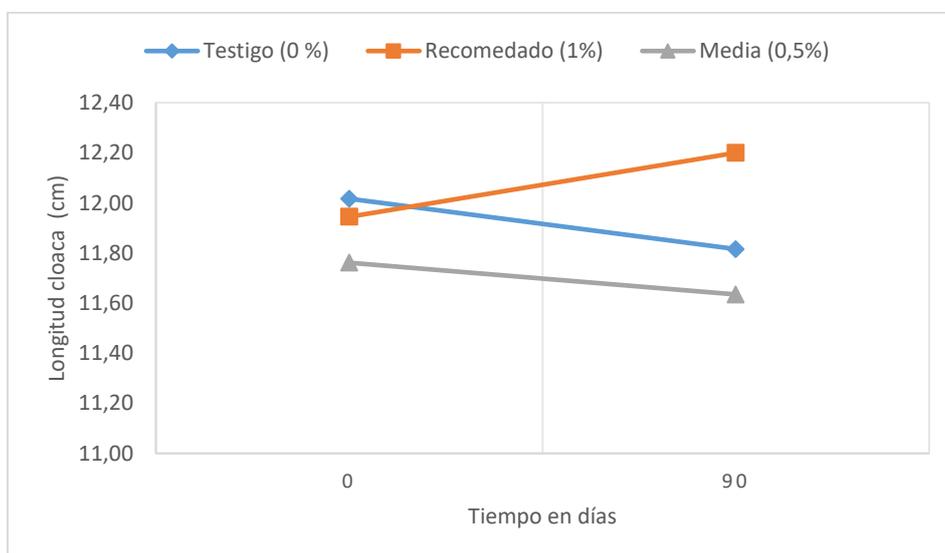


Figura 2. Longitud hocico-cloaca inicial y final (cm) de *A. mexicanum* Hembras de los tres tratamientos con diferente dosis de selenio durante un periodo de 90 días.

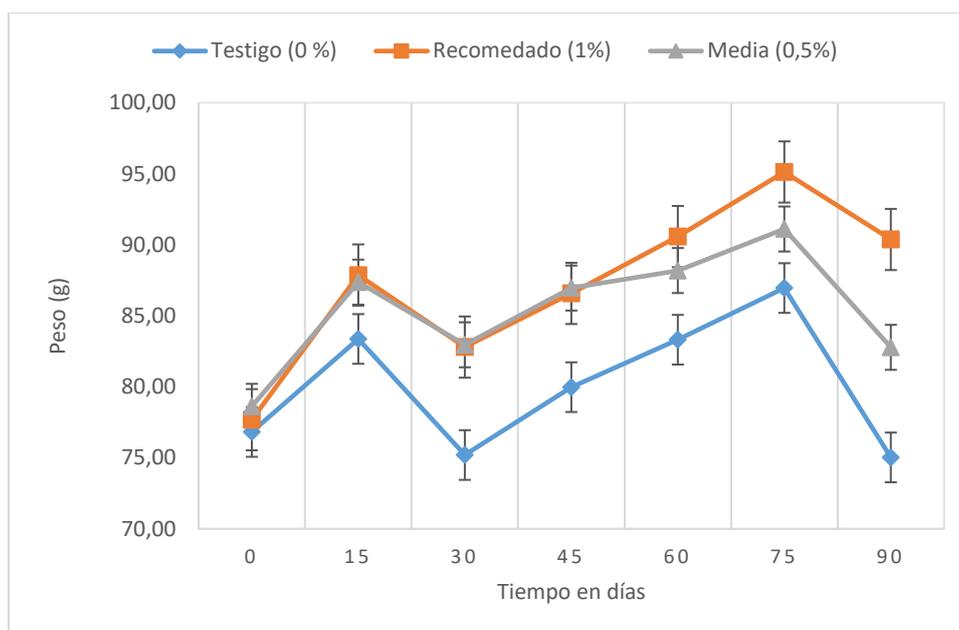


Figura 3. Valores promedio de peso (g) de *A. mexicanum* Hembras de los tres tratamientos con diferente dosis de selenio durante un periodo de 90 días.

La ganancia diaria de peso (GDP) se muestra en la figura 4 en donde a los 15 días de iniciado el experimento los tres tratamientos obtuvieron un valor alto en peso, siendo la dosis recomendada la más alta con un valor de 0.68 g/día, seguido de la dosis media con 0.58 g/día y por último el grupo testigo con 0.44 g/día. A partir del día 45 se mantuvieron constantes los valores, y para el día 90 la mayor GDP final fue para la dosis recomendada (0.14 g/día), mientras que la menor fue para el grupo testigo (-0.02 g/día), la dosis media obtuvo un valor final de 0.05 g/día.

La tasa específica de crecimiento para la dosis recomendada fue la que obtuvo el valor más alto a los 90 días del experimento, siendo de 0.90 %/día, por otra parte, el grupo testigo mostro el valor más bajo (-0.15 %/día), seguido de la dosis media con 0.31 %/día (Figura 5).

El incremento de peso a los quince días del experimento fue alto para los tres tratamientos (testigo 0%, recomendado 1% y media 0.5%) siendo de 6.55 g, 10.19 g y 8.74 g respectivamente. En la figura 6 se puede observar que a partir del día 30 hay un incremento de estos valores. Para el día 90 se reportó un valor promedio

máximo de 12.69 g para la dosis recomendada, mientras que para las otras dos dosis los valores fueron menores (dosis testigo= -1.79 g y dosis media = 4.15 g).

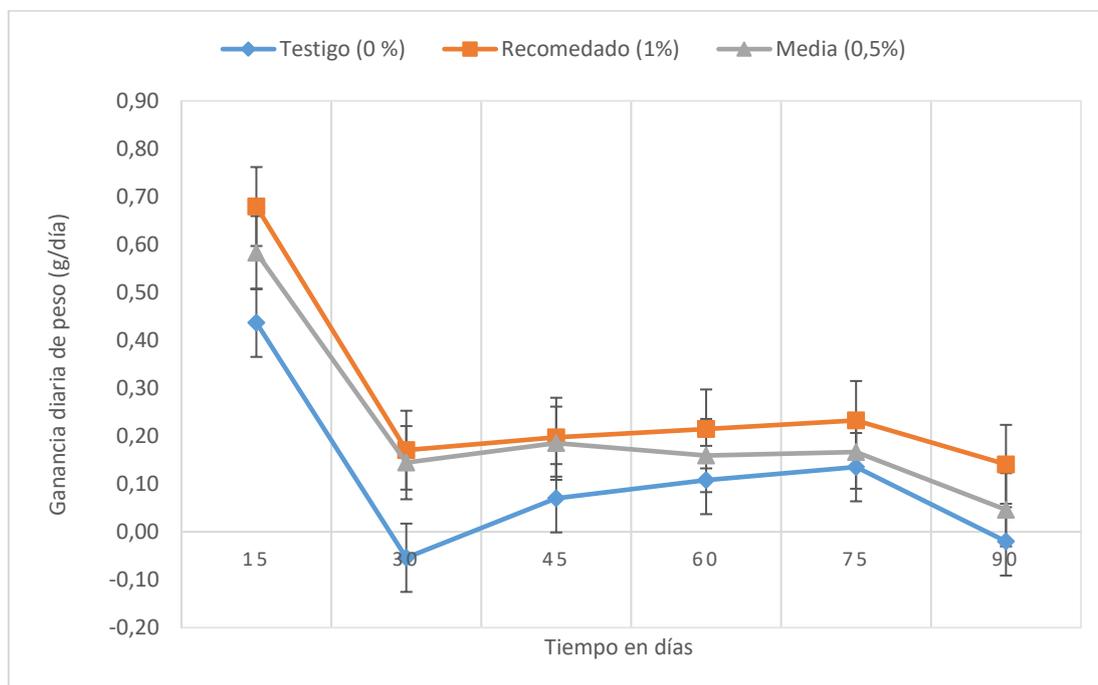


Figura 4. Valores promedio Ganancia diaria de peso (g/día) de *A. mexicanum* Hembras de los tres tratamientos con diferente dosis de selenio durante un periodo de 90 días.

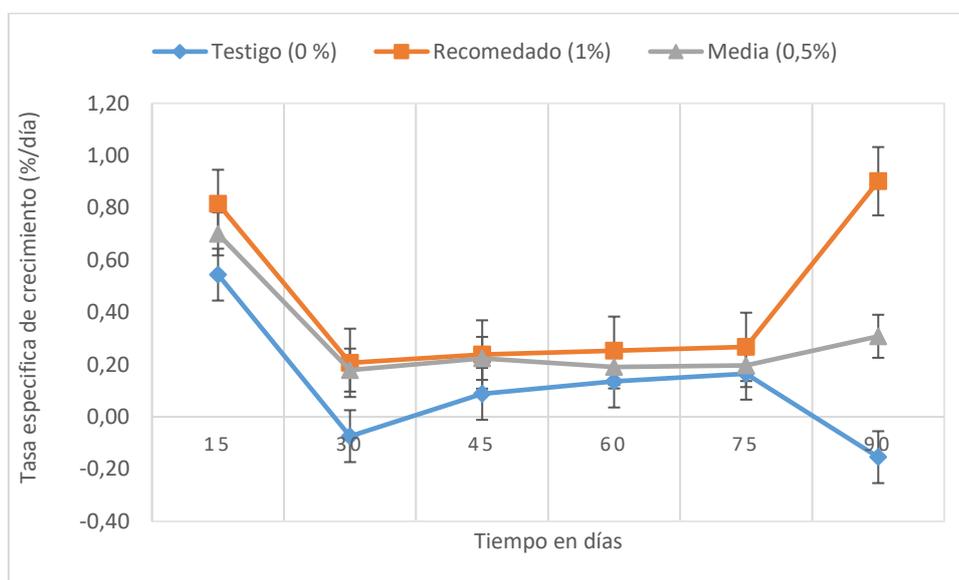


Figura 5. Valores promedio de la Tasa Especifica de Crecimiento (%/día) de *A. mexicanum* Hembras de los tres tratamientos con diferente dosis de selenio durante un periodo de 90 días.

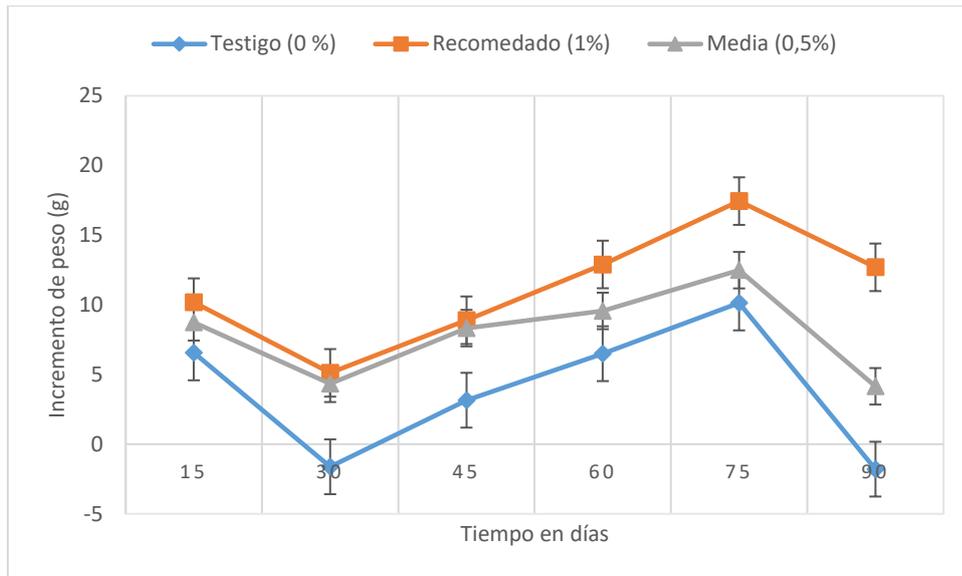


Figura 6. Valores promedio del incremento de Peso (g) de *A. mexicanum* Hembras de los tres tratamientos con diferente dosis de selenio durante un periodo de 90 días.

La biomasa se observa en la figura 7, el valor final más alto registrado corresponde a la dosis recomendada con 511.23 g y el valor más bajo es para el grupo testigo con 426.77 g de biomasa a diferencia de los otros dos tratamientos con selenio.

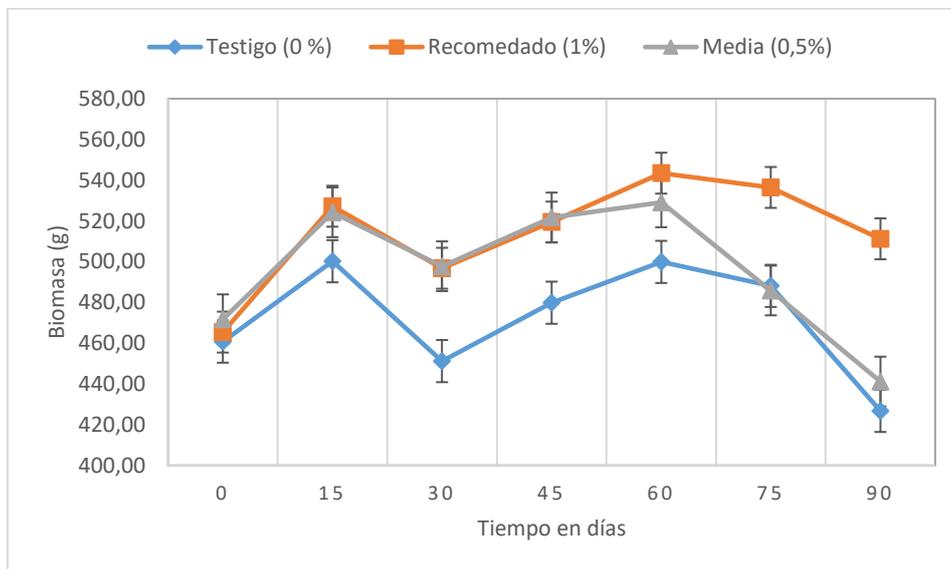


Figura 7. Valores promedio Biomasa (g) de *A. mexicanum* Hembras de los tres tratamientos con diferente dosis de selenio durante un periodo de 90 días.

La supervivencia a los 90 días del experimento en el tratamiento testigo y recomendada fue de 94.44 % y para la dosis media fue de 88.9 %, reportándose el descenso de organismos en el día 75. Al final del experimento se reportó un total de 46 ajolotes, en donde $n=17$ corresponden al tratamiento testigo, $n=17$ dosis recomendada y $n= 16$ para la dosis media.

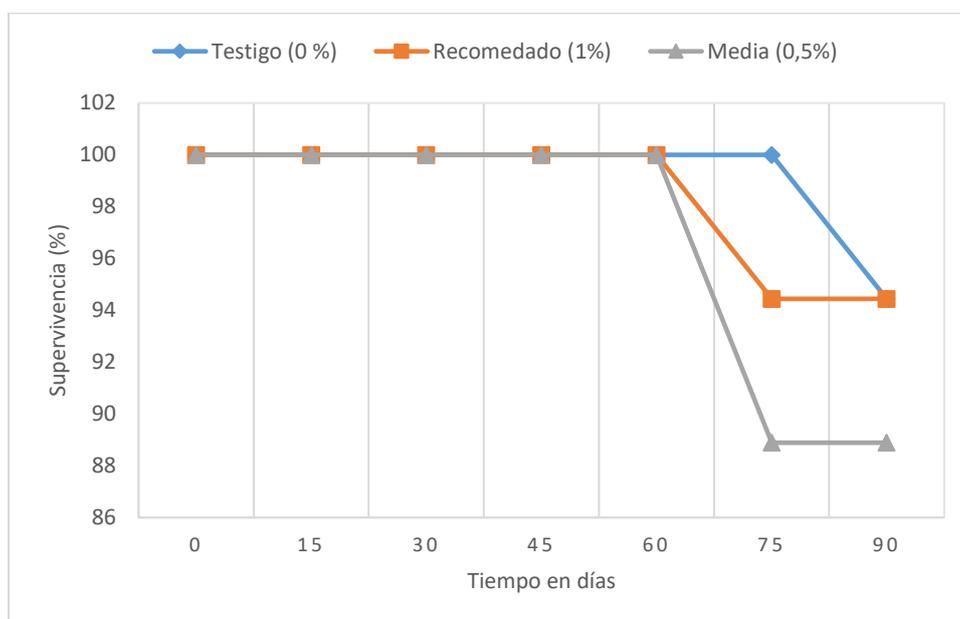


Figura 8. Porcentaje de supervivencia para *A. mexicanum* Hembras de los tres tratamientos con diferente dosis de selenio durante un periodo de 90 días.

*PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

A lo largo del experimento el pH presentó variaciones mínimas, manteniéndose en un rango de 7 siendo este valor óptimo para la especie, el valor más bajo se registró en la primera quincena siendo de 6.65 del tratamiento testigo, mientras que el valor máximo fue de 7.7 al inicio del experimento en la dosis de 0.5%. Los valores finales fueron de 7.43 (testigo), 7.42 (recomendado) y 7.48 (media) (Figura 9).

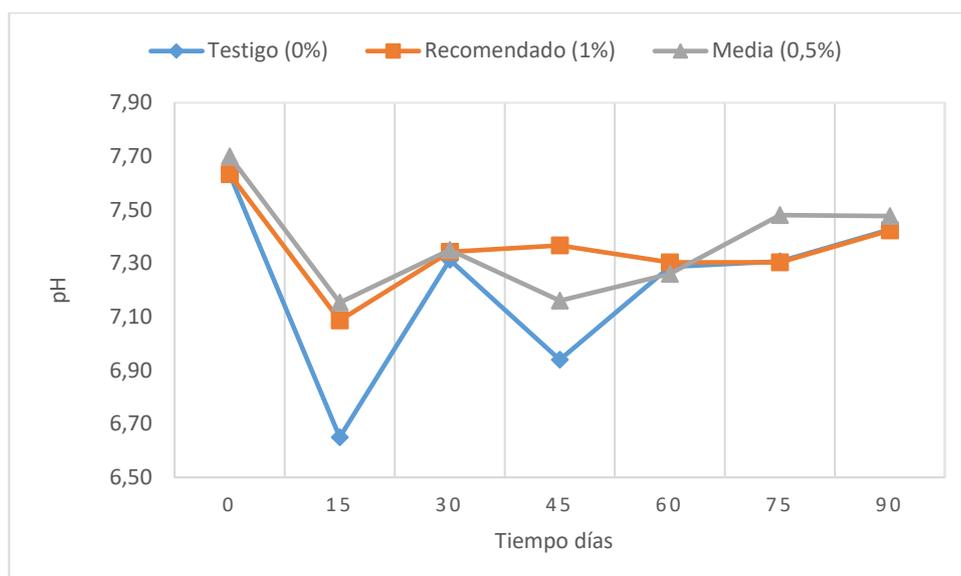


Figura 9. Valores promedio de pH de cada tratamiento del experimento 1 Hembras *Ambystoma mexicanum* durante un periodo de 90 días.

En la Figura 10, se muestran los valores de las concentraciones de amonio (NH_3^+), al inicio del experimento se registraron los valores más altos en cada tratamiento siendo 0.13 mg/L (testigo), 0.11 mg/L (recomendada) y 0.16 mg/L (media), y los valores más bajos fueron en la primer quincena (0.01 mg/L (0 %), 0.02 mg/L (1 %) y 0.02 mg/L (0.5 %)). Por otra parte los valores finales fueron para el grupo testigo de 0.03 mg/L, 0.04 mg/L para dosis recomendada y 0.02 mg/L para la dosis media.

En el caso de los nitritos (NO_2^-), los valores obtenidos fluctuaron a lo largo del experimento registrándose el valor más alto a los 30 días del experimento para todos los tratamientos (3.3 mg/L), por otra parte en el día 45 disminuyeron y nuevamente al día 60 se registró el valor más alto de 3.3 mg/L en el grupo testigo. El valor más bajo fue de 0.47 mg/L, reportándose a los 15 días en la dosis recomendada. Al término del experimento los valores se mantuvieron dentro del rango siendo de 1.63 mg/L (0 %), 1.4 mg/L (1%) y 0.67 mg/L (0.5%) (Figura 11).

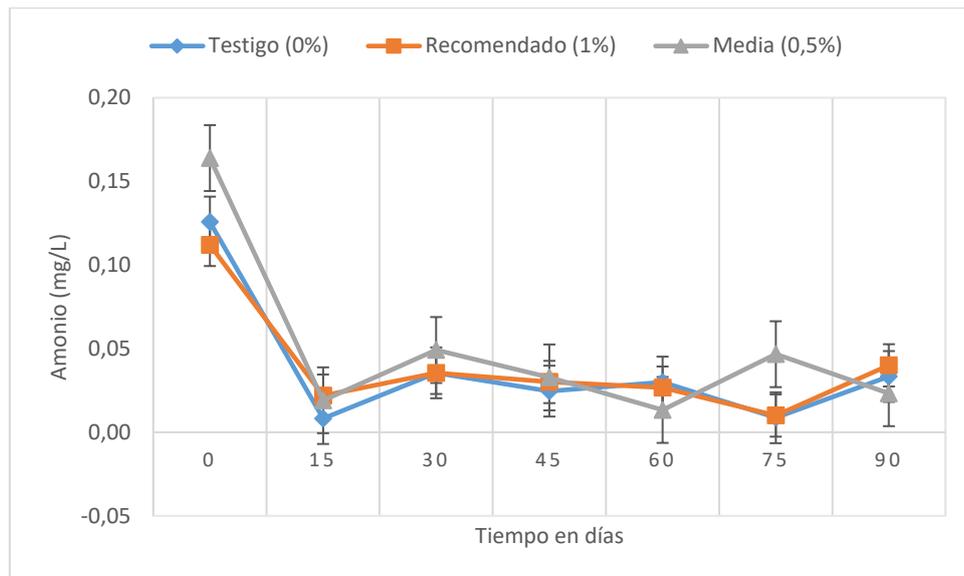


Figura 10. Valores promedio de amonio de cada tratamiento del experimento 1 Hembras *Ambystoma mexicanum* durante un periodo de 90 días.

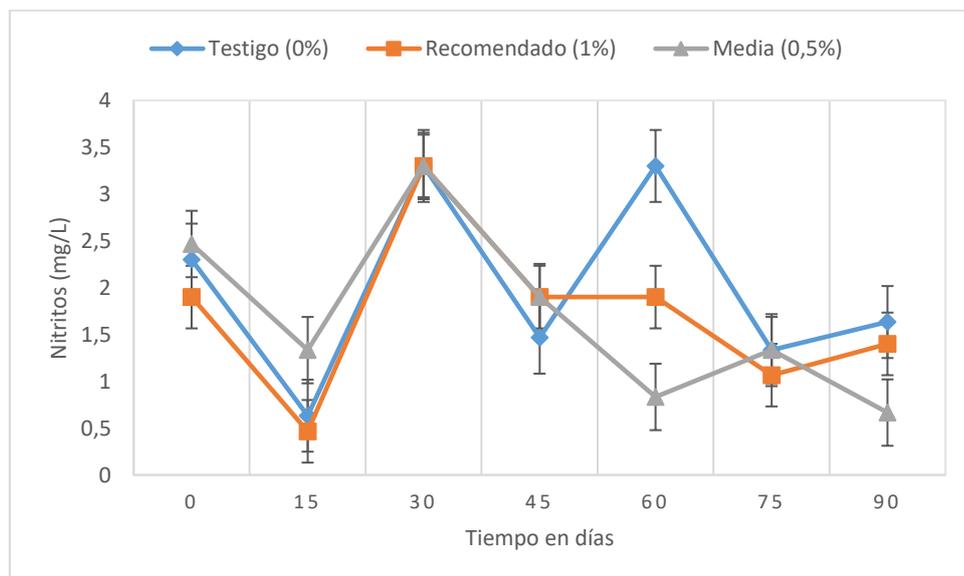


Figura 11. Valores promedio de Nitritos de cada tratamiento del experimento I Hembras *Ambystoma mexicanum* durante un periodo de 90 días.

El valor promedio mínimo de nitratos (NO_3^-) se obtuvo en la dosis media (11.67 mg/L) y la concentración máxima fue de 110.0 mg/L a los 30 días del experimento para los tres tratamientos. Por otra parte, los valores finales para cada grupo fueron los siguientes 23.33 mg/L (0 %), 30 mg/L (1 %) y 11.67 mg/L (0.5 %) (Figura 12).

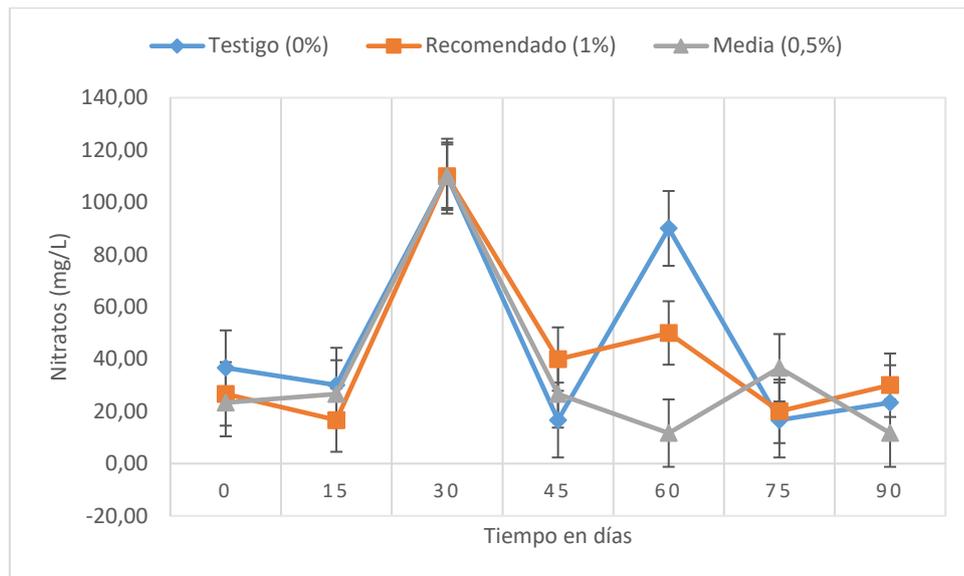


Figura 12. Valores promedio de Nitratos de cada tratamiento del experimento 1 Hembras *Ambystoma mexicanum* durante un periodo de 90 días.

Por último los valores de temperatura en los tres tratamientos se mantuvieron constantes durante los 90 días de experimento. La temperatura más baja fue de 18.13 °C y la más alta fue de 20.6 °C en el tratamiento testigo (Figura 13).

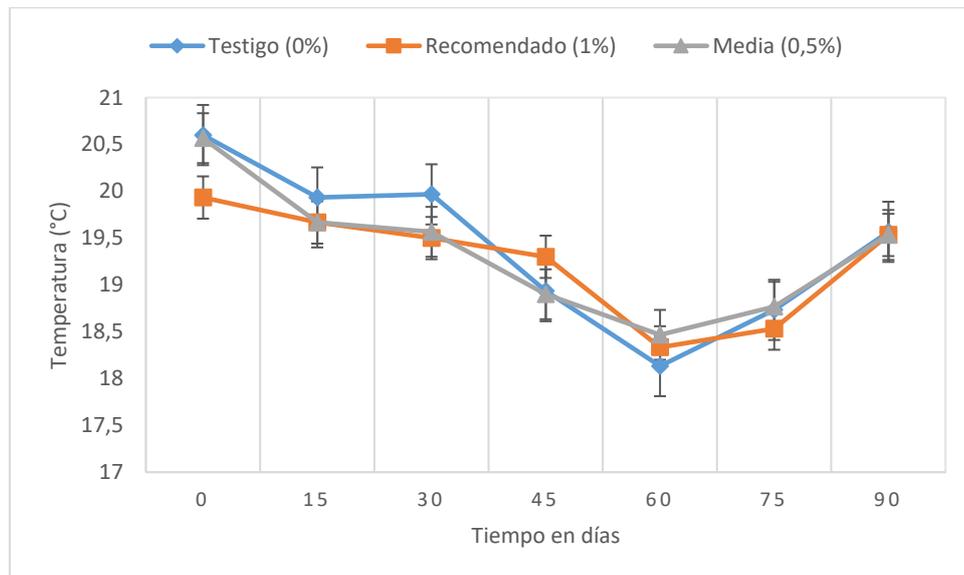


Figura 13. Valores promedio de temperatura de cada tratamiento del experimento 1 Hembras *A. mexicanum* durante un periodo de 90 días.

- **Experimento 2 Machos.**

Los valores promedio de las variables de crecimiento de *Ambystoma mexicanum* machos se observan en el cuadro II, la dosis media (0.5 %) obtuvo el mayor peso ($83.89 \text{ g} \pm 4.04$) así como la tasa específica de crecimiento de $0.20 \text{ \%/día} \pm 0.05$ y un incremento de peso de $13.41 \text{ g} \pm 4.08$, la biomasa y ganancia diaria de peso más alta fue para la dosis recomendada (1%) siendo de $746.73 \text{ g} \pm 17.72$ y $0.15 \text{ g/día} \pm 0.05$ respectivamente.

Cuadro II. Valores promedio del experimento 2 Machos del crecimiento inicial y final de *Ambystoma mexicanum* alimentado con *Tubifex tubifex* enriquecido con selenio orgánico.

Variables	Tratamientos		
	Testigo 0%	Media 0.5%	Recomendada 1%
Inicial			
Sexo Machos	<i>n</i> = 27	<i>n</i> = 27	<i>n</i> = 27
Peso (g)	69.10 ± 0.44	69.38 ± 0.74	69.51 ± 0.60
LT (cm)	22.52 ± 0.22	22.42 ± 0.39	22.49 ± 0.48
LHC (cm)	12.06 ± 0.13	11.93 ± 0.19	11.97 ± 0.44
Biomasa (g)	621.9 ± 3.97	622.17 ± 6.41	625.6 ± 5.38
Final			
	<i>n</i> = 27	<i>n</i> = 27	<i>n</i> = 27
Peso (g)	78.41 ± 0.59	83.89 ± 4.04	82.97 ± 1.97
LT (cm)	23.43 ± 0.57	23.50 ± 0.57	23.63 ± 0.60
LHC (cm)	12.34 ± 0.17	12.46 ± 0.14	12.31 ± 0.31
Biomasa (g)	705.73 ± 5.33	742.4 ± 36.12	746.73 ± 17.72
GDP(g/día)	0.10 ± 0.002	0.15 ± 0.02	0.15 ± 0.05
TEC (%/día)	0.14 ± 0.001	0.20 ± 0.05	0.20 ± 0.02
Incremento de			
Peso (g)	9.31 ± 0.15	13.41 ± 4.08	13.46 ± 1.43
Supervivencia (%)	100	100	100

n= Número de ajolotes por tratamiento, LT= Longitud Total, LHC= Longitud hocico cloaca, GDP= Ganancia de peso diario, TEC= Tasa Especifica de Crecimiento.

La tasa de supervivencia para los tres tratamientos no mostró variaciones ya que fue del 100 % por lo tanto se mantuvo el número de organismos durante los 90 días de experimento siendo de $n=27$ por tratamiento.

El peso más alto que se registró fue de 87.03 g a los 60 días del experimento para la dosis media (0.5 %), conforme pasaron los días el peso fue aumentando, los pesos finales para cada tratamiento fueron de 78.41 g dosis (0 %), 82.97g (1 %) y 83.89 (0.5 %) (Figura 14).

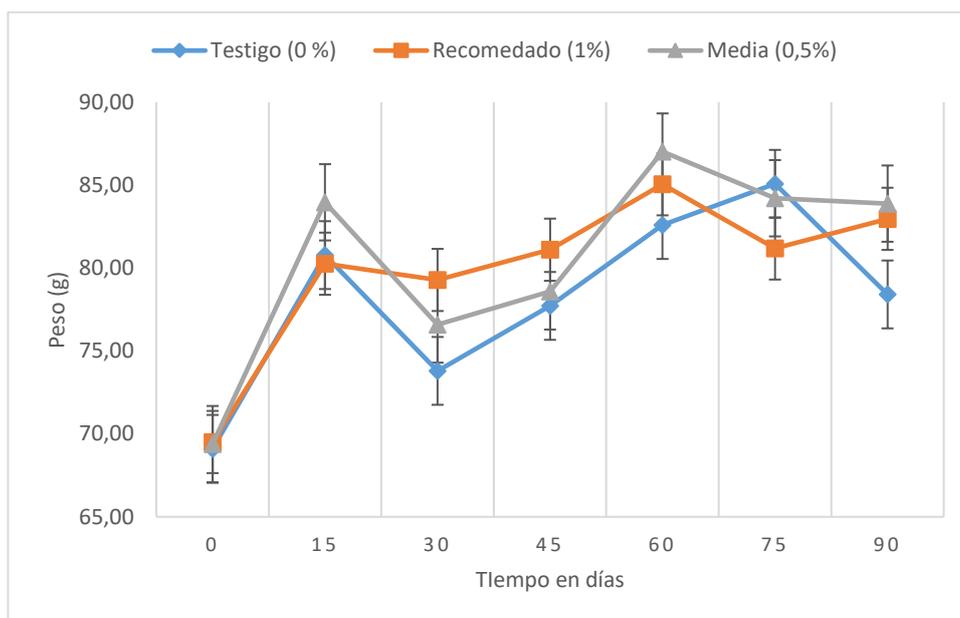


Figura 14. Valores promedio de peso (g) de *A. mexicanum* Machos de los tres tratamientos con diferente dosis de selenio durante un periodo de 90 días.

La longitud total máxima se presentó en la dosis recomendada (1 %) con un valor final de 23.63 cm, mientras que el tratamiento testigo (0 %) y el grupo de dosis media (0.5 %) presentaron valores no muy diferentes al valor máximo (23.43 cm y 23.50 cm respectivamente) (Figura 15).

Los valores finales de la longitud hocico- cloaca en los tres tratamientos no presentaron valores muy diferentes siendo estos de 12.34 cm (testigo), 12.31cm (recomendada) y 12.46 cm (media) (Figura 16).

La ganancia diaria de peso para cada uno de los tres tratamientos fue de 0.10 g/día para el tratamiento testigo y 0.15 g/día para la dosis recomendada y media.

Los valores más altos se registraron en la primera quincena del experimento de 0.83 g/día para el tratamiento de dosis media (0.5 %) (Figura 17).

En la figura 18 se observa la tasa específica de crecimiento, donde el valor más alto se obtuvo en la primera quincena en la dosis media (1.09 %/día) a lo largo del experimento se mantuvieron constantes, mientras que el valor más bajo fue de 0.14 %/día a los 90 días en la dosis testigo.

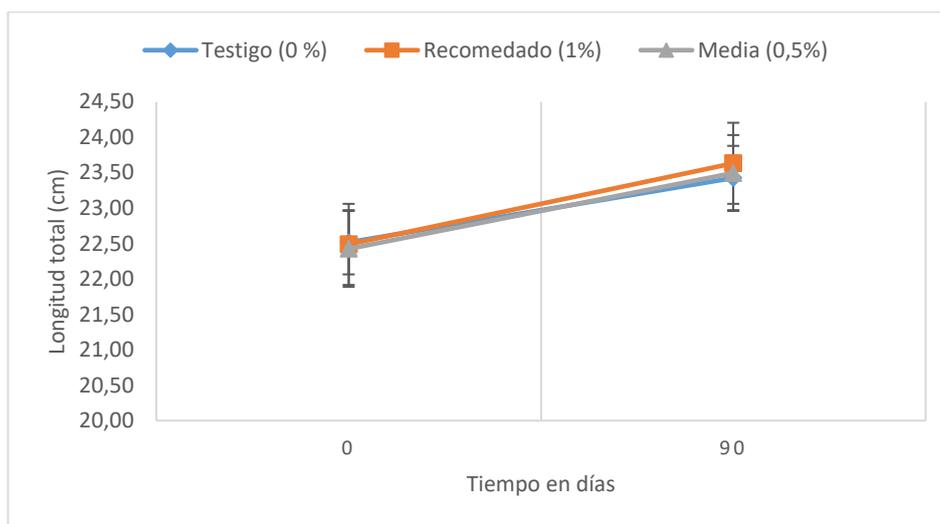


Figura 15. Longitud total inicial y final (cm) de *Ambystoma mexicanum* Machos de los tres tratamientos con diferente dosis de selenio durante un periodo de 90 días.

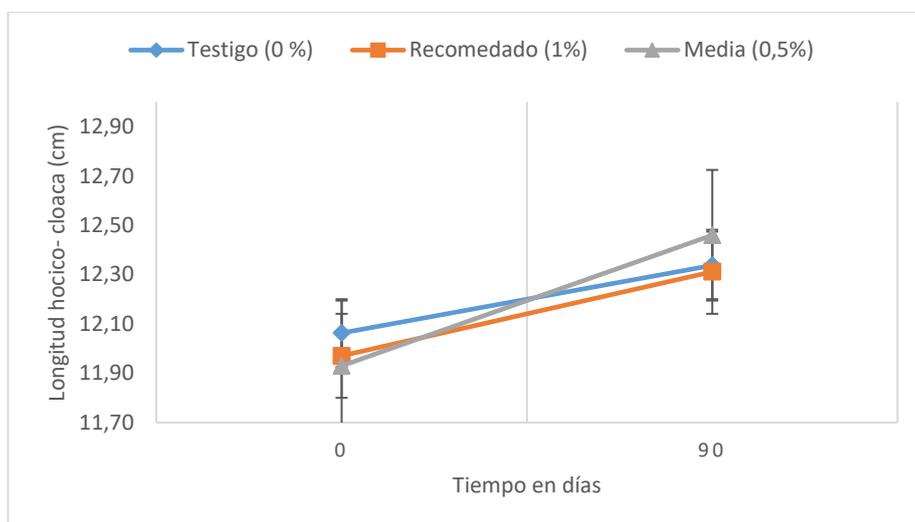


Figura 16. Longitud hocico-cloaca (cm) de *Ambystoma mexicanum* Machos de los tres tratamientos con diferente dosis de selenio durante un periodo de 90 días.

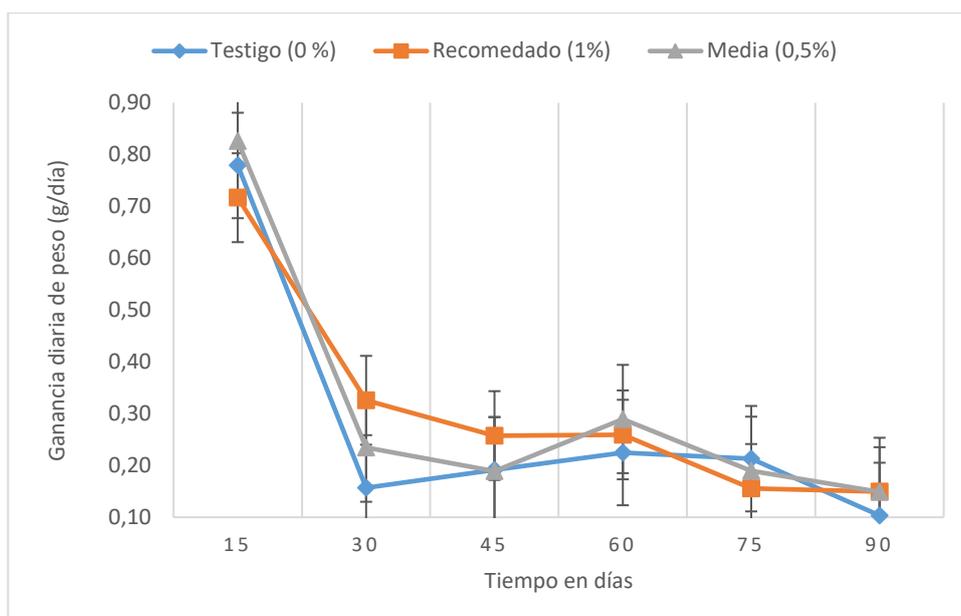


Figura 17. Ganancia diaria de peso (g/día) de *Ambystoma mexicanum* Machos de los tres tratamientos con diferente dosis de selenio durante un periodo de 90 días.

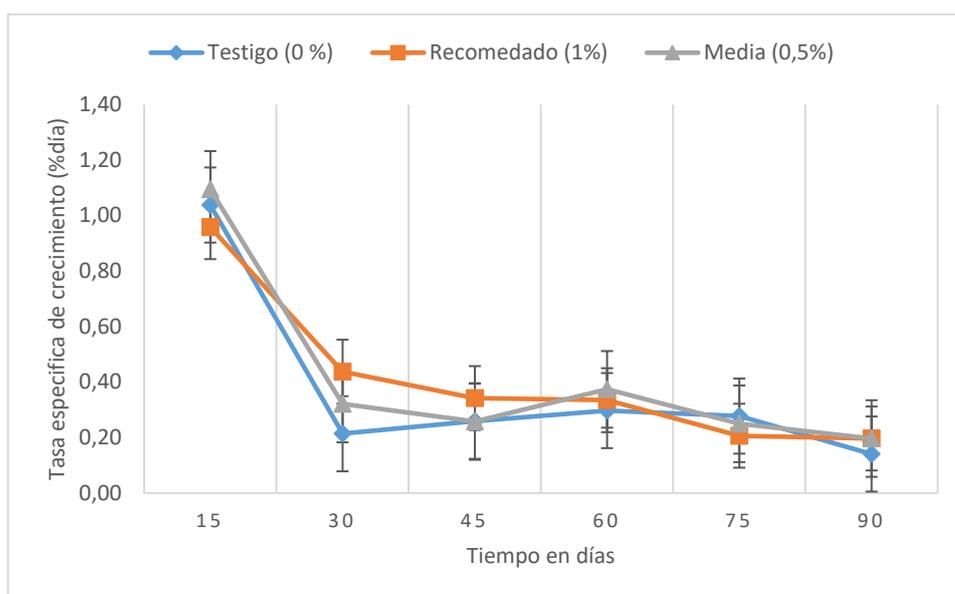


Figura 18. Tasa específica de crecimiento (%/día) de *Ambystoma mexicanum* Machos de los tres tratamientos con diferente dosis de selenio durante un periodo de 90 días.

El incremento en peso en la segunda quincena (30 días) se registraron los valores más bajos 4.70 g para la dosis testigo, 9.77 g dosis recomendada y 7.03 g para el grupo con dosis media. Por otra parte los valores máximos se registraron en el día 60 con 13. 5g, 15.54 g y 17.38 g respectivamente (Figura 19).

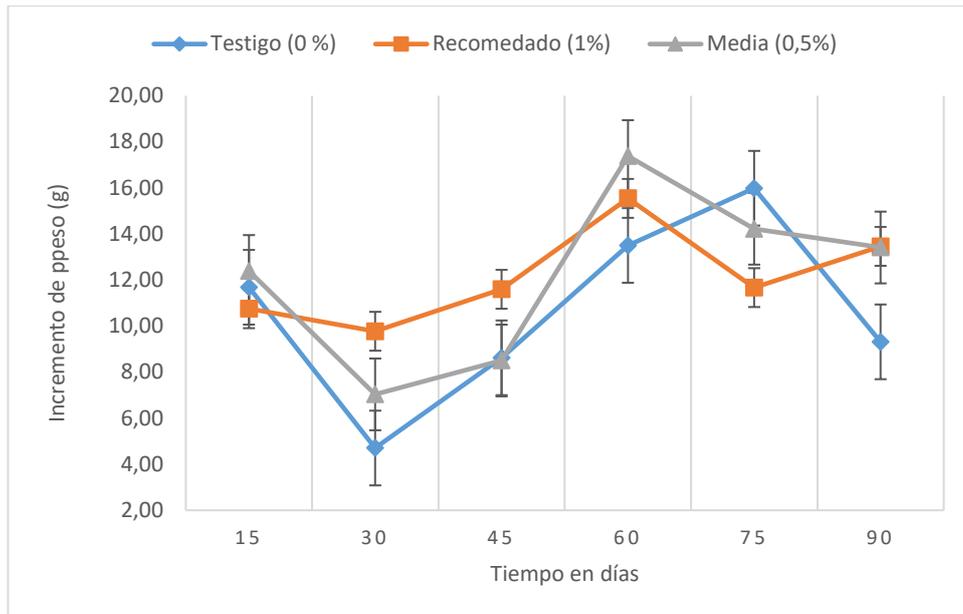


Figura 19. Incremento de peso (g) de *Ambystoma mexicanum* Machos de los tres tratamientos con diferente dosis de selenio durante un periodo de 90 días.

En la figura 20 se observa la biomasa donde el valor más alto registrado fue en el día 60 para los tres tratamientos de 714.07 g (testigo), 760.63 (recomendada) y 777.8 g (media) siendo este el más alto.

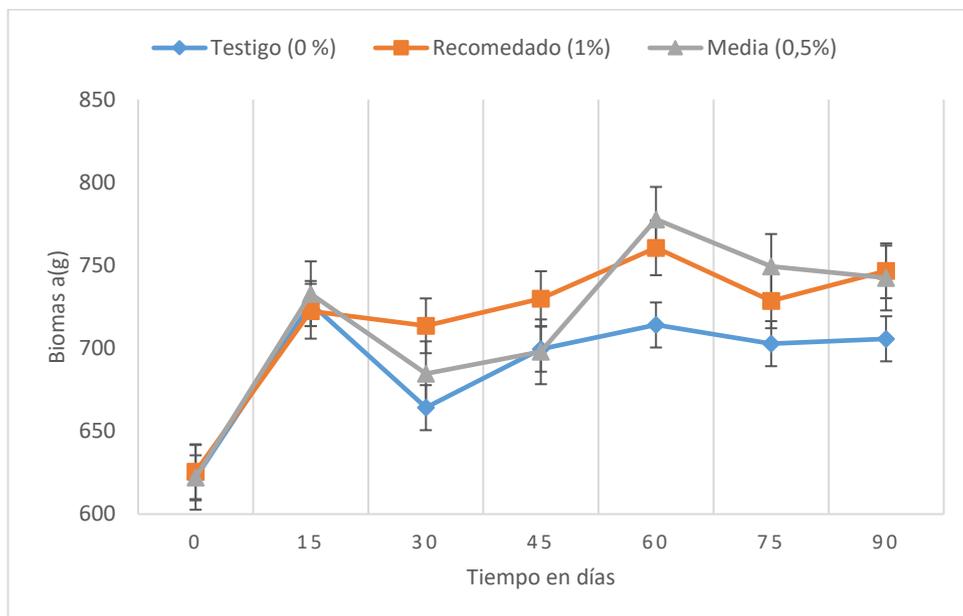


Figura 20. Biomasa (g) de *A. mexicanum* Machos de los tres tratamientos con diferente dosis de selenio durante un periodo de 90 días.

En cuanto a la supervivencia al término del experimento esta fue del 100 % para los tres tratamientos (Figura 21).

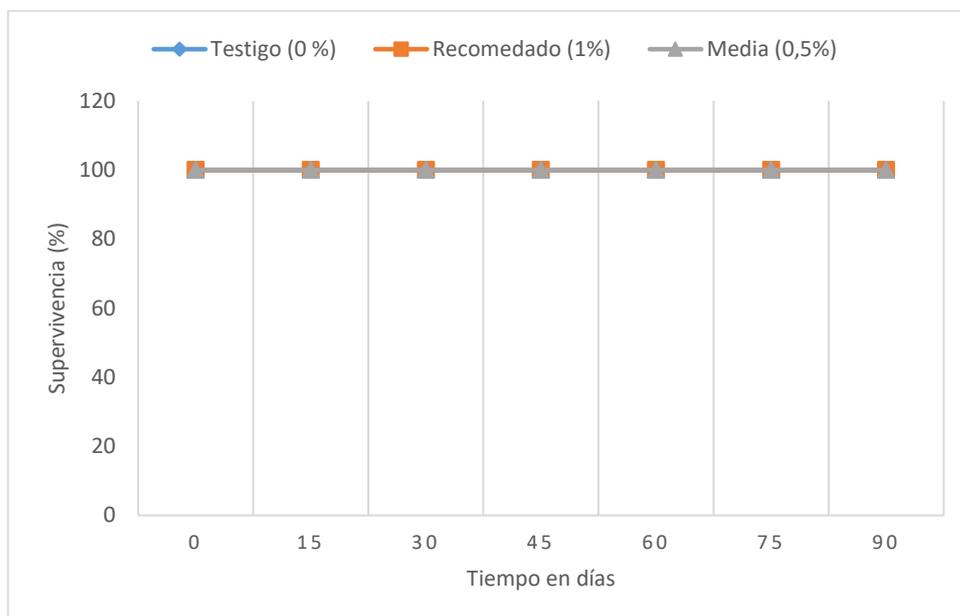


Figura 21. Supervivencia (%) de *A. mexicanum* Machos de los tres tratamientos con diferente dosis de selenio durante un periodo de 90 días.

- **PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS**

Los valores de pH durante todo el experimento se mantuvieron dentro del rango reportado para la especie, siendo el más bajo de 7.11 en los primeros quince días del experimento en el tratamiento con dosis recomendada y el valor máximo fue de 7.67 al inicio del experimento en la dosis testigo (Figura 22).

En la figura 23 se observan los valores que presentó el amonio en donde a los quince días de haber iniciado el experimento se registraron valores bajos de 0.02 mg/L en los tres tratamientos, a partir de ahí los valores se mantuvieron constantes, en el día 60 se obtuvo el valor más bajo de 0.01 mg/L en la dosis media.

Los nitritos para los tres tratamientos en la primera quincena fue de 0.9 mg/L, mientras que el registro más bajo se observa en el día 60 en el tratamiento testigo (0.4 mg/L) y el más alto fue de 3.3 mg/L a los 90 días en la dosis media. Manteniéndose al final resultados dentro del rango óptimo (Figura 24).

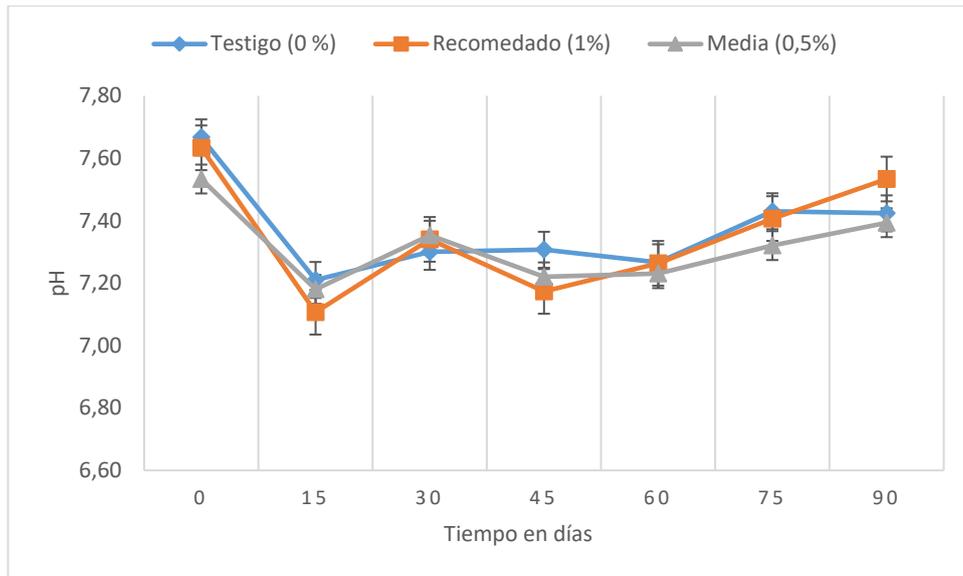


Figura 22. Valores promedio de pH de cada tratamiento del experimento 2 Machos *Ambystoma mexicanum* durante un periodo de 90 días.

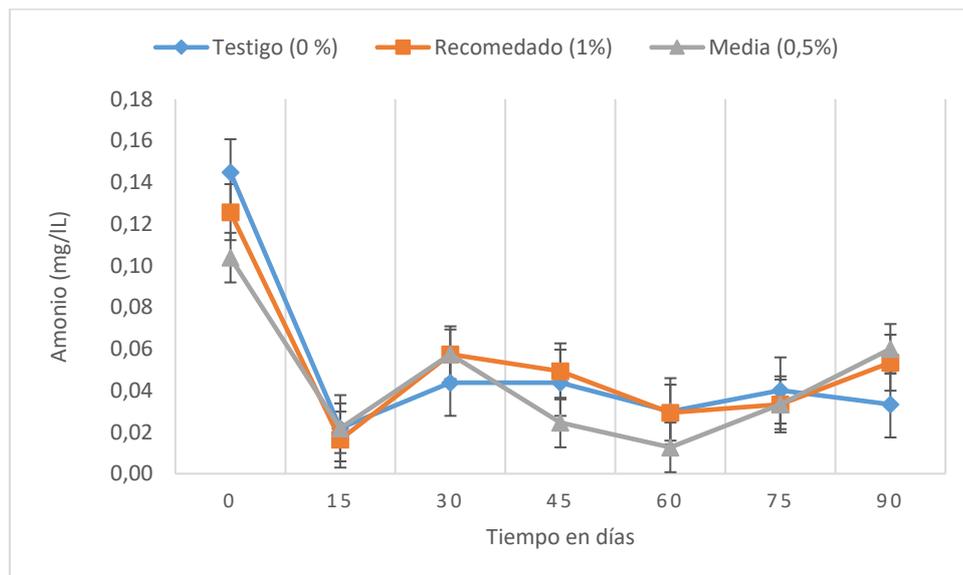


Figura 23. Valores promedio de amonio de cada tratamiento del experimento 2 Machos *Ambystoma mexicanum* durante un periodo de 90 días.

En la figura 25 se observan los valores iniciales y finales de nitratos durante los 90 días del experimento, donde se registraron los valores más altos en el día 30 en los tres tratamientos de 110 mg/L, por otro lado el valor más bajo fue de 8.33 mg/L en el tratamiento testigo mientras que los valores finales fueron de 80 mg/L para la dosis testigo y el grupo con dosis media, mientras que la dosis recomendada obtuvo datos de 56.67 mg/L.

La temperatura no tuvo variaciones, manteniéndose dentro del rango óptimo, cabe mencionar que el día 60 se registró el valor más bajo de 18.2 °C y la temperatura más alta fue de 20.63 en el grupo testigo al inicio del experimento.

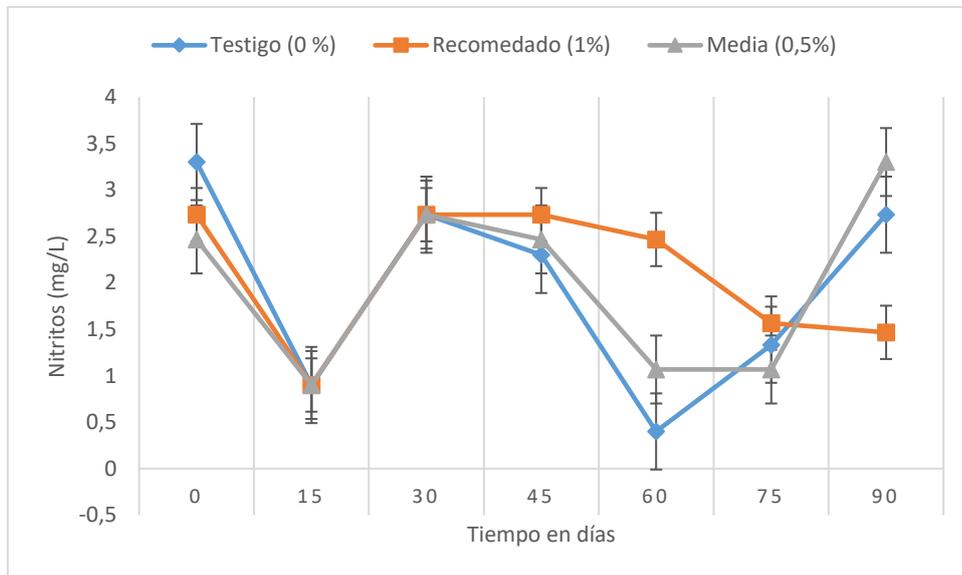


Figura 24. Valores promedio de nitritos de cada tratamiento del experimento 2 Machos *Ambystoma mexicanum* durante un periodo de 90 días.

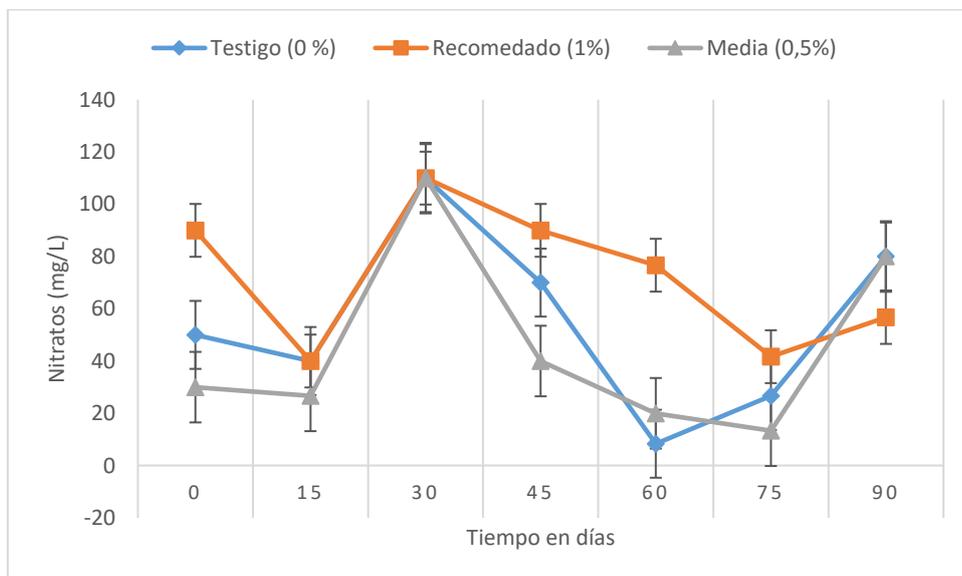


Figura 25. Valores promedio de nitratos de cada tratamiento del experimento 2 Machos *Ambystoma mexicanum* durante un periodo de 90 días.

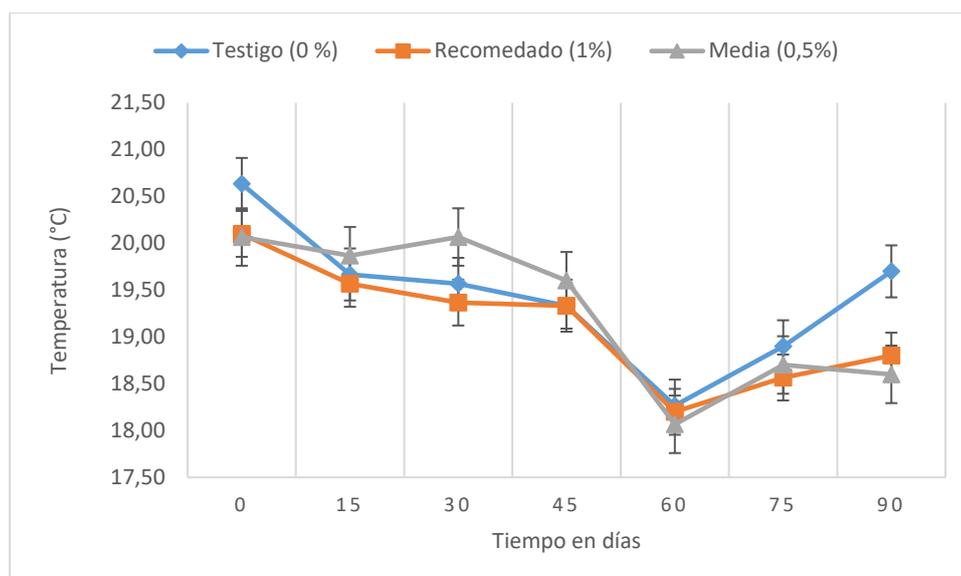


Figura 26. Valores promedio de Temperatura de cada tratamiento del experimento 2 Machos *Ambystoma mexicanum* durante un periodo de 90 días.

Los resultados obtenidos fueron con base en las actividades realizadas dentro del periodo del servicio social, abarcando la modalidad de actividades relacionadas con la profesión con ello se fundamenta la base técnica para la correcta aplicación de los aspectos teóricos para el cuidado, manejo, alimentación y reproducción de *Ambystoma mexicanum*. Por lo que se recomienda seguir con más estudios de dietas enriquecidas con selenio en anfibios específicamente el ajolote ya que en los resultados obtenidos en este experimento, se puede observar una tendencia positiva en cuanto al crecimiento en peso y mejorando su supervivencia.

FUNDAMENTO DE LAS ACTIVIDADES SOCIAL

La Licenciatura de Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, tiene como objetivo formar profesionales creativos y críticos, capaces de realizar actividades científicas para desarrollar y evaluar, con una perspectiva multidisciplinaria, estrategias de manejo y conservación de los recursos naturales bióticos con base en metodologías propias de las ciencias biológicas. Adquirir habilidades y conocimientos para la conservación y mejor manejo de *Ambystoma Mexicanum* es importante para lograr este objetivo (Mena y Servín, 2014).

REFERENCIAS

- Alcaraz G., López-Portela X., & Robles-Mendoza C. (2015). Response of a native endangered axolotl, *Ambystoma mexicanum* (Amphibia), to exotic fish predator. *Hydrobiologia*, 753(1), 73-80. doi:10.1007/s10750-015-2194-4
- Arce, E. y J. Luna. 2003. Efecto de dietas con diferente contenido proteico en la tasa de crecimiento de crías de bagre del balsas, *Ictalurus balsanus* (*ictaluridae*) en condiciones de cautiverio. *Aquatic* (18): 39-47.
- Barbosa K.B.F., Bressan J, Zulet M.A., Martínez J.A. (2008) Influencia de la dieta sobre marcadores plasmáticos de estrés oxidativo en humanos. *An. Sist. Sanit. Navar*; 31(3):259-80.
- Bermúdez A., Muñoz Ramírez A.P., Wills G.A. (2012) Evaluación de un sistema de alimentación orgánico Sobre el desempeño productivo de la Tilapia Nilótica (*Oreochromis Niloticus*) cultivada en estanques de tierra. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Colombia* (59) (III) p.165-175.
- Bojórquez-Castro, L. y Arana-Magallón, F. (2014) Peces de Xochimilco. Su ambiente y situación actual. (Eds.) Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco núm. 13 México. IBS: 978-607-28-0173-8.
- Flores-Villela, O. (1993). Herpetofauna of Mexico: distribution and endemism. In *Biological diversity of Mexico: origins and distributions*, T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa. (Eds.). Oxford University Press, New York. p. 253-280.
- Gresens J. BS, ALAT (2004) An Introduction to the Mexican Axolotl (*Ambystoma mexicanum*). *Lab Animal Volume* 33, No. 9 p. 41-47.
- López L., Fernández L.M., González M., Cuadrado M.A. (2008) Elementos traza y ultratrazas. Taller del laboratorio clínico. Madrid: Asociación Española de Biopatología Médica.
- López-Bellido F., Garrido J. y López-Bellido L. (2013) Selenio y salud; valores de referencia y situación actual de la población española, Universidades de Castilla-La Mancha y Córdoba. España. *Revista: Nutrición Hospitalaria*. ISSN 0212-1611 vol.28 no 5 p 1396-1406.
- Marzec-Wróblewska U., Kaminski P., Łakota P. (2012); Influence of Chemical Elements on Mammalian Spermatozoa. *Folia Biology*; 58(1):7-15.

- Mena González H. y Servín Zamora E. (2014). Manual básico para el cuidado en cautiverio del axolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*). Instituto De Biología, Universidad Nacional Autónoma De México. México.
- Molina V.A. (2010). El ajolote de Xochimilco. *Revista Ciencias* vol 98 pp. 54-59.
- Moreno-Álvarez, M. J., J. G. Hernández, R. Rovero, A. Tablante y L. Rangel. 2000. Alimentación de tilapia con raciones parciales de cáscara de naranja. *CyTA*. 3 (1): 29-33.
- Parra-Olea G., Flores-Villela O. y Mendoza-Almeralla C. (2014) Biodiversidad de anfibios en México, *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85, DOI: 10.7550/rmb.3202
- UAM-X. (2019). UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA UNIDAD XOCHIMILCO. Obtenido de <http://www.xoc.uam.mx/uam-x/acerca/mision-vision/>.
- Villalba M.C. (2014); Implicaciones del estrés oxidativo en la infertilidad masculina: Análisis de marcadores bioquímicos en plasma seminal y su asociación con parámetros del seminograma y la capacitación espermática. Universidad de Alicante Departamento de Biotecnología. Tesis Doctoral.
- Vinchira, J. E., & Muñoz-Ramírez, A. P. (2010). Selenio: nutriente objetivo para mejorar la composición nutricional del pescado cultivado. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 57(1): 59-75.
- Vinchira J.E., Wills G.A., y Muñoz A.P. (2014) desempeño productivo, composición y biodisponibilidad relativa de selenio en tilapia nilótica -*oreochromis niloticus*- suplementada con selenio orgánico e inorgánico. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Colombia* 61(2):186-202.
- Wootton, R. F. (1991). *Ecology of Teleost Fishes, Fish and Fisheries*. University College of Wales, Aberystwyth, New York. 404pp.
- Zambrano, L., E. Valiente y M.J.Z. Vander. (2010). Food web overlap among native axolotl (*Ambystoma mexicanum*) and two exotic fishes: carp (*Cyprinus carpio*) and tilapia (*Oerochromis niloticus*) in Xochimilco, México City. *Biolinvasions* 12:3061-3069