



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO**

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

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL POR INVESTIGACIÓN

**PARA OBTENER EL GRADO DE
LICENCIADA EN BIOLÓGIA**

**“Análisis de una base de datos sobre el crecimiento
del ajolote *Ambystoma mexicanum* por adición de
herbometionina a su dieta basal”**

QUE PRESENTA LA ALUMNA:

Wendy Jaqueline Nicolás Crespo

Matrícula: 2163063583

ASESORES:

Dra. Gabriela Vázquez Silva (No. Eco. 30288)

Biol. Ana Karen López de la Rosa (No. de Cédula 12194410)

Laboratorio de Limnobiología y Acuicultura, UAM Xochimilco

Ciudad de México

Noviembre 2022

Resumen

En México el ajolote "*Ambystoma mexicanum*" es considerado como una especie en peligro de extinción dentro de la normatividad mexicana (NOM-059-ECOL-SEMARNAT-2010) y a nivel internacional como especie en peligro crítico por la IUCN, sus poblaciones se han reducido de forma alarmante debido a la destrucción o modificación de su hábitat, contaminación del agua e introducción de especies exóticas como la carpa (*Cyprinus carpio*) y la tilapia (*Oreochromis niloticus*). El gusano de fango *Tubifex tubifex* es el alimento vivo más utilizado en la dieta de este pequeño anfibio. El uso de aminoácidos como la herbometionina mejora el sistema inmune, ya que es un aminoácido esencial y una fuente importante de azufre en la dieta. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la adición de herbometionina al *Tubifex tubifex* para el crecimiento, consumo y supervivencia de ejemplares de *A. mexicanum* en diferentes etapas de crecimiento. Se realizaron tres experimentos con diferentes etapas de desarrollo del ajolote *A. mexicanum* durante 180 días. El primer experimento con crías consistió en un diseño completamente al azar con 27 ajolotes distribuidos en tres tratamientos en densidad de 3 organismos/40L. El segundo con juveniles se realizó con 45 ajolotes distribuidos en 9 UE al azar divididos en densidad de 5 organismos/90L. Experimento 3 con adultos, constó de 84 ajolotes, distribuidos en 9 UE al azar en densidades de 7 organismos/60L. Los tratamientos se realizaron por triplicado y consistieron la aplicación de tres dosis de herbometionina: 0%, 0.25%, 0.5% adicionadas al gusano de fango *Tubifex tubifex* las cuales se ajustaron de acuerdo con la biomasa de cada UE. Se registraron los siguientes parámetros productivos: peso, Ganancia Diaria de Peso (GDP), consumo, Longitud- Cloaca (LC). Longitud Total (LT), Tasa Especifica de Crecimiento (TEC), Incremento en Talla (INCT), Incremento en Peso (INCP) y supervivencia. La adición de herbometionina incorporado a la dieta mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) en crías y juveniles, mientras que en adultos no hubo significancia ($P < 0.05$). Sin embargo, en cuanto al peso en las crías se registró que el tratamiento de dosis doble (0.5%) obtuvo mejores resultados con valores de $44.74\text{g} \pm 2.51$, biomasa de $134.23\text{g} \pm 7.5$, GDP de $0.22\text{g/día} \pm 0.01$, TEC de $1.24\%/día \pm 0.09$. Los juveniles con dosis doble mostraron mejores resultados en peso de $79.63\text{g} \pm 2.51$, biomasa de $381.40\text{g} \pm 19.62$, así como TEC con $0.16\%/día \pm 0.02$, INCP $21.07\text{g} \pm 3.13$, INCT con $2.31\text{cm} \pm 0.62$, mientras que en adultos fue el tratamiento de 0% de herbometionina registraron valores mayores de peso de $93.68\text{g} \pm 2.10$, biomasa de $562.80\text{g} \pm 84.29$, una GDP de $0.04\text{g/día} \pm 0.01$, TEC de $0.04\%/día \pm 0.02$, así como el aumento de INCP de $6.76\text{g} \pm 2.69$ y INCT de $0.71\text{cm} \pm 1.36$. Por lo que la adición de metionina al 0.5% mostró una tendencia positiva en los parámetros de crecimiento en crías y juveniles de *A. mexicanum*, mientras que en adultos no se registró un efecto significativo en las variables productivas, lo que podría indicar que el aminoácido ya no es necesario para la ganancia de peso en esta fase de su ciclo de vida.

Palabras clave: aminoácido esencial, dieta, herbometionina, *Tubifex tubifex*, *Ambystoma mexicanum*.

Agradecimientos

Primero que nada, quiero agradecer a mi **mamá** ya que es el pilar de esta pequeña familia, por darme su apoyo condicional durante todos estos años, no solo en mi carrera sino desde pequeña. Que a pesar de las dificultades que se nos presentaban, siempre nos ha sacado adelante, aunque por la espalda ha sacrificado muchas cosas para asegurarse de que estemos bien, gracias por creer en mí, por siempre estar apoyándome en todo lo que se pueda. Ya que además de ser mi mamá es mi amiga, que me guía cuando necesito un consejo, y está ahí cuando necesito un hombro para llorar, que siempre está dispuesta para hablar conmigo y hacerme saber que las cosas estarán bien. Eres lo más importante que tengo en la vida, gracias por perdonarme cuando me equivoco y amarme como si nada hubiera pasado. Nunca me alcanzara la vida para agradecer todas y cada una de las cosas que haces y que seguramente continuarás haciendo por nosotras. Eres la mayor bendición que Dios me haya dado. Te quiero mucho.

A mi pequeña **hermana** que a pesar de todo siempre está ahí para escucharme, por llenarme de alegría día tras día, por todos los consejos brindados.

A mi tía **Nuby** por ayudarme, por ser como una hermana más, por escucharme y saber que siempre estará ahí cuando más lo necesité, también quiero agradecer a mi **papá** que a pesar de nuestras diferencias ha estado conmigo en algunos momentos de mi vida, dándome consejos sobre el mundo laboral, aunque no estemos juntos, sé que él me quiere como yo lo quiero a él y que si necesito algo, además de decirle con tiempo, sé qué hará todo lo que pueda para tratar de ayudarme.

A mi Asesora la **Doc. Gaby**, por tenerme esa confianza primeramente por abrirme las puertas en el laboratorio de Limnobiología y Acuicultura como ayudante y hacer que me sintiera como en un segundo hogar, por tenerme paciencia al momento de contestarme mis dudas así como brindarme su conocimiento, por ayudarme cuando más lo necesitaba y permitirme ser partícipe de uno de sus proyectos dentro de la Universidad, así como también agradecer a mi segunda asesora **Karen** que a pesar de estar guiándome en todo tiempo en mi servicio social, es como una amiga para mí ya que me ha ayudado mucho así como escuchado, sé que siempre tratará de ayudarme o darme consejos de la vida.

A mis amigos, que siempre han estado ahí para ayudarme, escucharme y apoyarme tanto en las buenas como en las malas, y que me han enseñado que mientras pase el tiempo ellos estarán ahí.

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN	5
2 MARCO TEORICO	6
2.1 Taxonomía.....	6
2.2 Descripción de la especie	7
2.3 Anatomía.....	7
2.4 Características morfológicas.....	8
2.5 Distribución y Hábitat	9
2.6 Sistema digestivo.....	10
2.7 Ciclo de vida del ajolote.....	11
2.8 Reproducción del ajolote.....	12
2.9 Estado de conservación del ajolote.....	13
2.10 Alimentación y mantenimiento en cautiverio.....	14
2.11 <i>Tubifex tubifex</i> como alimento vivo.....	15
2.12 Metionina como suplemento	16
2.13 Metionina herbal	16
2.14 Importancia de los parámetros fisicoquímicos	17
3 HIPOTESIS	18
4 OBJETIVOS	18
4.1 Objetivo general.....	18
4.2 Objetivos particulares	18
5 METODOLOGIA	19
5.1 Diseño del experimento	19
5.2 Biometría.....	20
5.3 Alimentación	20
5.4 Parámetros fisicoquímicos	20
5.5 Cálculos y Análisis estadístico	21
6 RESULTADOS.....	22
6.1 Crías.....	22
6.2 Juveniles.....	32
6.3 Adultos	42
7 DISCUSIÓN.....	53
8 CONCLUSION	58
10 REFERENCIAS.....	59
11. ANEXO 1.....	67

1 INTRODUCCIÓN

México se caracteriza por su riqueza de especies endémicas, las cuales destacan por no encontrarse de forma natural en otras regiones del planeta, ocupando así el quinto lugar entre los países con mayor biodiversidad de anfibios, además forman un pilar importante de nuestra cultura, debido a esto la población les ha dado diferentes usos a ciertas especies, e inclusive fueron utilizados desde la época prehispánica (Flores, 2021; Parra-Olea *et al.* 2014). Dentro del orden caudata se encuentra el género *Ambystoma* el cual alberga 17 especies, incluyendo el *Ambystoma mexicanum* que habita en el fondo de los canales y humedales de Xochimilco, Texcoco, Zumpango y Chalco entre sustratos fangosos, con arena, grava o entre la vegetación acuática. Se encuentran en Áreas Naturales Protegidas (ANP) dentro del sitio Ramsar “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio” en la Ciudad de México (SEMARNAT, 2018).

Esta especie se reporta en la Norma Oficial Mexicana 059-SEMARNAT-2010, como especie en peligro de extinción (P) (SEMARNAT, 2010) debido a que su hábitat natural ha sido perturbado por la contaminación de aguas residuales, así como de contaminantes provenientes de actividades agrícolas e industriales lo que ha ocasionado una gran eutrofización (SEMARNAT, 2018). Otra de las causas que ha disminuido las poblaciones de ajolote es por la introducción de especies exóticas como es la carpa (*Cyprinus carpio*) y la tilapia (*Oreochromis niloticus*), las cuales se introdujeron en Xochimilco hace más de 20 años para la acuicultura, la cual ha generado competencia por la comida y depredación de crías, por lo que ha reducido drásticamente a esta especie (Zambrano *et al.* 2010)

Es por ello que se busca una manera de conservación, como lo es su mantenimiento en cautiverio, el cual consiste en dar alojamiento a la especie con características similares a su hábitat natural y que provea un desarrollo y estado de salud adecuado (Mena y Servín, 2014). Una parte importante para el manejo en cautiverio es que los organismos tengan una buena alimentación la cual debe de

cumplir en lo posible con los requerimientos nutricionales para alcanzar la talla y peso óptimo, esto conlleva a que debe cubrir todas las necesidades metabólicas del organismo, en pocas palabras se debe de suministrar el alimento y la cantidad adecuada (Negrete *et al.* 2010). El uso de suplementos añadidos a la dieta puede contribuir a mayor salud y crecimiento de los organismos. Un ejemplo de ello es la adición de a base de hierbas como fuente de metionina activa, que es eficaz para la formación de proteínas y mejora el crecimiento y rendimiento de los organismos (Chattopadhyay *et al.* 2006).

2 MARCO TEORICO

2.1 Taxonomía

El ajolote mexicano fue descrito como especie por primera vez por Shaw & Nodder en 1798 (Molina, 2010), este anfibio pertenece al orden Caudata. A *mexicanum* presenta un cuerpo alargado, cola larga y 2 pares de extremidades de tamaño similar. La familia Ambystomatidae está conformada por un único género *Ambystoma*. México cuenta con 15 registros de este género de las cuales son la mayoría endémicas (Parra-Olea *et al.* 2014; Sánchez, 2017). También nuestro país ocupa el tercer lugar a nivel mundial en anfibios con 361 especies equivalentes al 10% de la herpetofauna mundial, lo que representa una riqueza excepcional (Flores-Villela, 1993). Su clasificación taxonómica es la siguiente: (Parra-Olea *et al.* 2014; Sánchez, 2017).

Reino:	Animalia
Phylum:	Chordata
Clase:	Amphibia
Orden:	Caudata
Familia:	Ambystomatidae
Género:	<i>Ambystoma</i>
Especie:	<i>A. mexicanum</i> (Shaw & Nodder, 1798)

2.2 Descripción de la especie

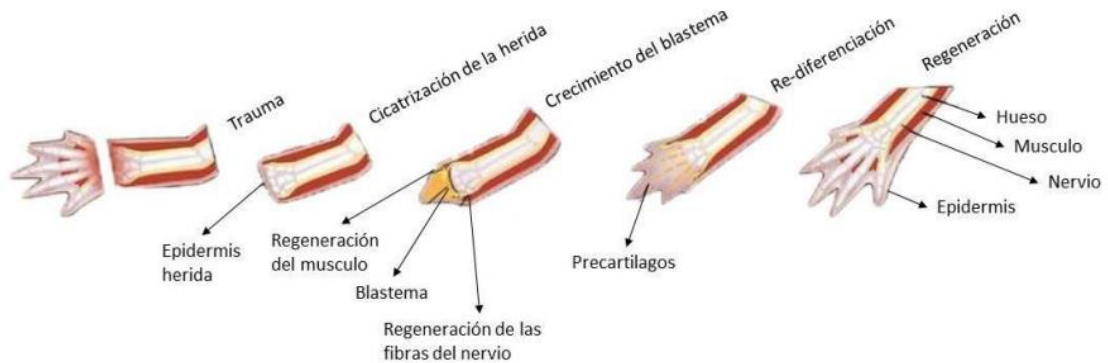
El nombre de ajolote proviene del náhuatl axolotl: atl, agua y xolotl, monstruo (monstruo acuático), cuyo nombre científico es *Ambystoma mexicanum* el cual es un vertebrado del grupo de los anfibios, y este se distingue por ser organismo neoténico estricto-inducible ya que conservan sus caracteres larvarios (agallas, cola aplanada, ausencia de parpados, sistema de excreción amoniotélico, branquias externas y tejido cartilaginoso) en estado adulto llegando a su madurez sexual, por lo que permanece en estado acuático y no sufre metamorfosis en condiciones naturales, esto se debe a que la hipófisis no secreta la hormona tirotrópica, la responsable de activar la síntesis de triyodotironina en la tiroides (Badillo, 2015; Flores, 2021 y Molina, 2010). Cuenta con cuatro dedos en las patas anteriores y cinco en las posteriores, cuerpo robusto, cabeza ancha y surcos costales sobre los lados (Casas *et al.* 2003). Pero se le puede inducir la metamorfosis estando en cautiverio suministrándole la hormona tiroidea (tiroxina) (Molina, 2010 y UAM, 2010).

2.3 Anatomía

Está compuesto por una epidermis lisa en casi todo su cuerpo, teniendo zonas rugosas con presencia de pequeños poros en los costados, los cuales no se notan a simple vista. (CONABIO, 2011). Presentan esqueleto el cual se diferencia de la mayoría de los vertebrados porque no está completamente osificado en la zona de las branquias ya que estas están compuestas en su totalidad por cartílago, su columna se divide en cuatro partes (cervical, torácica, sacra y caudal) y poseen costillas rudimentarias que se encuentran en todo lo largo del cuerpo. A parte pueden regenerar algunas de sus extremidades ya sea cola, patas, branquias y tejido cardíaco, hepático y neuronal debido a que cuando un ejemplar pierde alguna extremidad rápidamente intervienen las plaquetas sanguíneas que interrumpen el sangrado, creando una epidermis la cual envuelve la zona afectada. Posteriormente las células que se encuentran en la herida empiezan a crecer y dividirse para formar una blastema el cual es una masa de células en donde las células encargadas

modifican a las células preexistentes para empezar el desarrollo de un nuevo órgano o tejido específico (Flores, 2021; García, 2016 y Mena y Servín, 2014) (Figura 1).

Figura 1. Etapas de la regeneración de extremidades del Ajolote mexicano (Tomado de García, 2016).



2.4 Características morfológicas

Esta cuenta, con una cabeza robusta, ancha y plana (CONABIO, 2011) con medida de 42.7 ± 3.4 mm de largo y 37.9 ± 4.2 mm de ancho el cual contrasta con todo su cuerpo que es alargado teniendo una longitud hocico-cloaca de 133.3 ± 12.5 mm y de cloaca cola (LC) 108.3 ± 11.9 mm. Estos son mayormente de color café oscuro con numerosas manchas dispersas en todo el cuerpo, sus ojos son pequeños y sin párpados, poseen 4 extremidades, los cuales se desarrollan a partir de la tercera semana de edad, las 2 extremidades inferiores poseen 4 dedos, mientras que las 2 posteriores poseen 5 dedos y en sus puntas poseen un ligero color crema. Tienen 11 pliegues intercostales y una cola dorsolateral aplanada. (Mena y Servín, 2014; SEMARNAT, 2018) (Fig. 2).

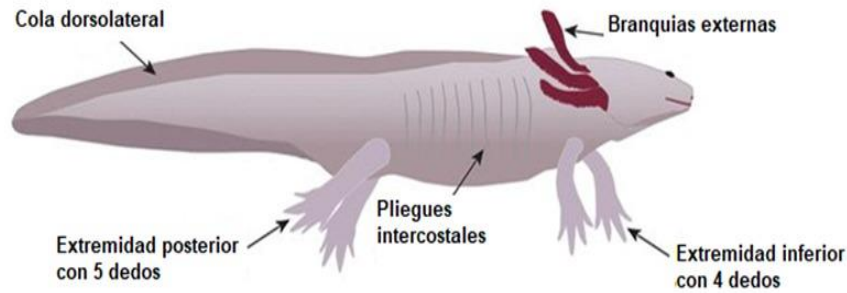


Figura 2. Morfología del ajolote mexicano (Tomado y modificado de García, 2016)

2.5 Distribución y Hábitat

Esta especie se encuentra en ambientes lacustres en el centro del país, el límite suroeste de la Ciudad de México en canales y humedales de Xochimilco, Texcoco, Zumpango y Chalco (Fig. 3). También se conoce una población ubicada en el parque de Chapultepec en la Ciudad de México, los cuales no se distribuyen homogéneamente a través de su área de distribución y se congregan en lugares particulares (SEMANRNAT, 2018; Zambrano *et al.* 2010). Dentro de la vegetación de la que conforma su hábitat se encuentra especies halófitas de las que destacan las gramíneas rizomatosas y plantas herbáceas suculentas de suelos salinos, alcalinos y mal drenados, mientras que la vegetación acuática es escasa, con vegetación espontánea las cuales bordean las corrientes de agua como son (*Anus* y *Salix*) y en áreas pequeñas de tullilar destaca *Juncus balticus* (Aguilar-Miguel, 2005).



Figura 3. Distribución y hábitat del ajolote mexicano (Tomado y modificado de UNAM, 2018)

2.6 Sistema digestivo.

El ajolote es un anfibio con una dieta carnívora que, si bien no presentan dientes, estos presentarían estructuras cartilaginosas, que le van a ayudar a llevar a cabo el primer proceso de la digestión, tanto en el paladar inferior como el superior permitiendo la captura de sus presas; debido a esto presentan un tracto gastrointestinal relativamente corto y simple para poder digerir y absorber los nutrientes necesarios de su alimento (Mena y Servín, 2014).

Su cavidad oral está separada por un esfínter que se asemeja a la glotis, impidiendo el paso del alimento hasta deglutirlo. El proceso digestivo comienza en el esófago donde se van a secretar una gran diversidad de enzimas digestivas como el pepsinógeno, enzima que va a degradar las proteínas del alimento principalmente; posteriormente este alimento será transportado al estómago para continuar la digestión. Presenta un estómago glandular con zonas delimitadas: cardias, fondo y píloro, siendo el pilórico el esfínter que separa al estómago del intestino. El vaciado gástrico está controlado por el duodeno. Teniendo en la parte

anterior el intestino delgado, donde se lleva a cabo la absorción de los nutrientes, y la posterior el intestino grueso (Mena y Servín, 2014) (Fig. 4).

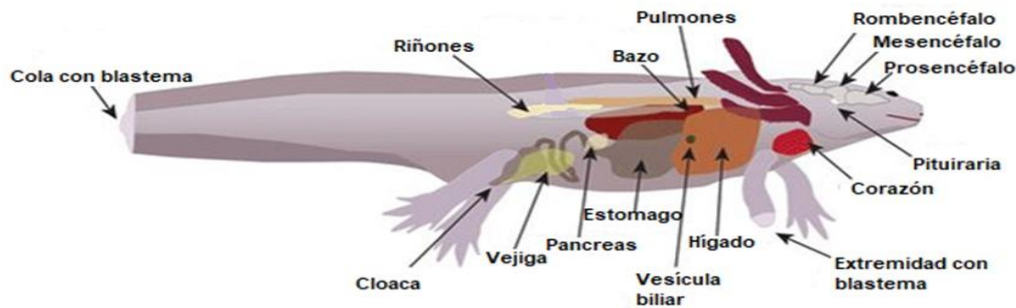


Figura 4. Anatomía del ajolote *Ambystoma mexicanum* (Tomado y modificado de García, 2016)

2.7 Ciclo de vida del ajolote

El ciclo de vida del ajolote comienza en la liberación de huevo siendo esta la primera etapa de su desarrollo (A). Los huevos son considerados relativamente grandes en comparación con otros anfibios. La segunda etapa es la formación del embrión (B) que se originará después de una semana aproximadamente y tendrá unos 11 mm de longitud. Al pasar una semana más el embrión saldrá del huevo y comenzará la tercera etapa: la fase larvaria (C). En estado larvario su cuerpo es transparente debido a la carencia de células cutáneas, por lo que es posible observar los órganos internos. Primero se desarrollarán las extremidades delanteras y una semana después, las traseras. En esta etapa medirá entre 11-50mm. Después de la formación de las extremidades unas semanas después comenzará su fase adulta temprana y no es hasta el paso de 18 meses o dos años que alcanzan la plena adultez (D). En esta etapa suele tener una medida de 23-25 cm aproximadamente; esto dependerá de las condiciones ambientales o de la alimentación. La vida del ajolote es relativamente larga ya que pueden sobrevivir entre 7 y 10 años (García, 2016; Mena y Servín, 2014) (Fig. 5) (Anexo1).

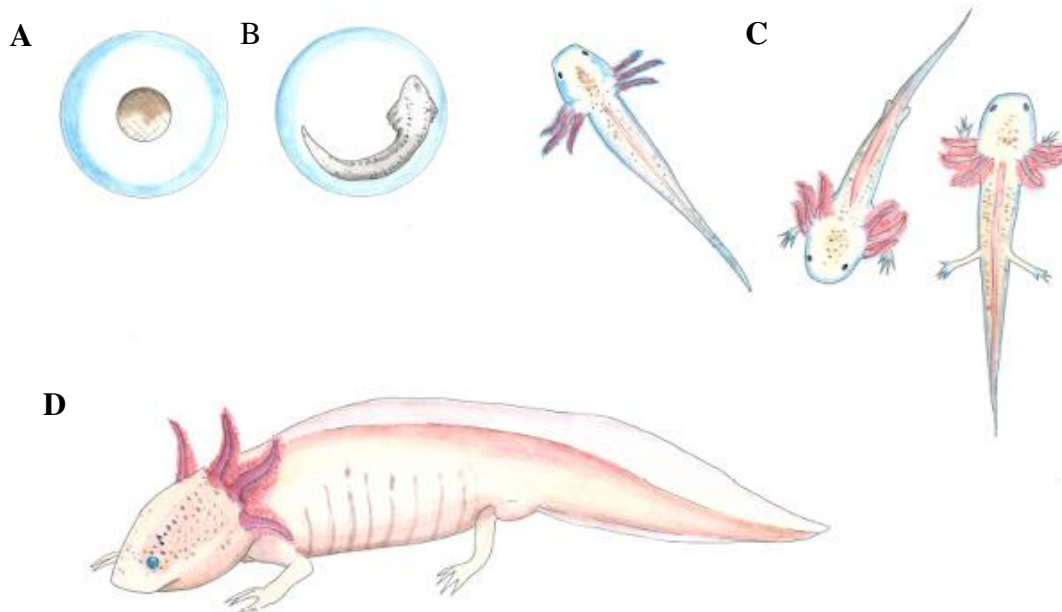


Figura 5. Ciclo de vida del *Ambystoma mexicanum*. (A) Huevo (B) Embrión (C) Fase Larvaria (D) Fase Adulta (Tomado de García, 2016)

2.8 Reproducción del ajolote

El *Ambystoma mexicanum* se reproduce sexualmente con fecundación interna, sin embargo, no poseen con órganos copuladores. Para que ocurra la fecundación se lleva a cabo una rutina de cortejo, que sucede en el agua durante la época reproductiva a la que se le conoce como “vals”; esto va a estimular la ovulación de la hembra. El macho es atraído por estímulos olfativos producidos por la hembra efectuando círculos consecutivos en la columna de agua, posteriormente el macho deposita sus espermátóforos en el agua (1-2 docenas) que se adhieren al sustrato. Finalmente, la hembra recoge un lote de espermatozoides presionando su abertura cloacal sobre un espermátóforo, y estos al ser introducidos se almacenan en túbulos inspermatecales en la parte superior de la cámara cloacal. A medida que la hembra expulsa los huevos de los ovocitos a través de la cloaca, son fertilizados por los espermatozoides almacenados en los túbulos. Los óvulos de los ajolotes son frecuentemente polispérmicos y presentan hoyos que marcan el sitio de entrada de los espermatozoides. En promedio, una hembra grávida deposita 400 huevos por puesta, dependiendo de la edad de la hembra, el tiempo de incubación de los

huevos requerido oscila entre 12 a 18 días, también dependerá de la temperatura (Mena & Servín, 2014; Molina, 2010 y Zambrano, 2010).

2.9 Estado de conservación del ajolote

Debió a que sus poblaciones han disminuido por problemas como la descarga de agua tratada en el sistema de canales, la introducción en los años setentas y ochentas de especies exóticas como la carpa (*Cyprinus carpio*) y la mojarra, el inadecuado uso del suelo, crecimiento de la mancha urbana y la extracción de agua para el abasto ciudadano, ha determinado la disminución drástica de la población natural de *A. mexicanum* en los canales de la Zona Lacustre de Xochimilco (ZLX), por esta razón ha entrado a la NOM-059 de SEMARNAT en donde está clasificada como Especie Sujeta a Peligro de Extinción (P), en la Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza (UICN) se encuentra en la lista roja como especie en peligro crítico (Cr), además de que también han sido explotados a nivel local debido a la pesca clandestina y su comercialización en el mercado negro. Por lo que la Dirección General de Zoológicos y Vida Silvestre, formalizó en el año 2000 el acuerdo de colaboración para el rescate y la conservación del ajolote en cautiverio y en vida libre con la UAM Unidad Xochimilco y en particular con el Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuemanco (CIBAC), el cual se encuentra en el Área Natural Protegida Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, en la Delegación Xochimilco, que por la calidad del agua y ambiente es un lugar adecuado para la propagación de dicha especie, en donde el M. en C. Fernando Arana Magallón, quien fue responsable de CIBAC desde 2004 hasta 2017, señaló que la instalación dependiente de la UAM Xochimilco comenzó a operar a cargo de la Doctora Virginia Graude Wiechers en 1994, desde entonces se ha dado a la tarea de conservar a la especie, con el propósito de producirla en grandes cantidades mediante tecnología especializada que evite su desaparición. Para 2013 se hizo una introducción de 2,800 ejemplares al Lago de Conservación de San Gregorio Atlapulco, de acuerdo con un esquema controlado y autorizado por dependencias gubernamentales entre ellas la SEMARNAT y en donde el M. en C.

Arana Magallón comentó que como resultado de esta liberación después de seis meses se consiguió capturar varios ejemplares hallados en perfecto estado y muchos de ellos fueron llevados a cautiverio para reproducción. Esto significa que los organismos liberados que lograron sobrevivir se encuentran en reproducción y a pesar de los peligros que enfrentan se considera un adecuado porcentaje de sobrevivencia. Dicho acuerdo dio lugar al establecimiento de una colonia que está en reproducción en el zoológico de Chapultepec y en 2005 se estableció otra colonia en el zoológico Los Coyotes (Aguilar *et al.* 2013; CITES, 2007; Flores, 2021; SEMARNAT, 2018 y UAM, 2010).

2.10 Alimentación y mantenimiento en cautiverio.

La alimentación del ajolote en sus primeros días de vida es a través del saco vitelino y de algunas microalgas, conforme se van desarrollando las crías, estas se alimentan con pequeñas presas vivas como los nauplios de artemia salina o pequeñas larvas de insectos de aproximadamente 3 mm de largo, cuando alcanzan los 5 cm consumen artemia salina o alevines y finalmente cuando llegan a la etapa adulta consumen alevines, charales pequeños, lombrices de tierra o tenebrios, así como pequeños trozos de carne de res, pollo, grillos, pellets comerciales, entre otros (Servín, 2011).

Su mantenimiento en cautiverio consiste en promover un alojamiento que cuente con características similares a la de su hábitat natural, el cual promueve un adecuado desarrollo y estado de salud, los cuales se ven reflejados en el bienestar del organismo, para ello se acondicionan acuarios, tinas o estanques con diferentes capacidades considerando el tamaño y la etapa de desarrollo en el que se encuentra el organismo (Mena y Servín, 2014).

2.11 *Tubifex tubifex* como alimento vivo

El alimento vivo es importante porque constituye una cápsula nutritiva que posee los constituyentes básicos requeridos por organismos acuáticos para una buena nutrición, con la ventaja de que conserva su valor nutritivo hasta ser consumido. El *Tubifex* es un anélido hermafrodita que también se le llama “gusano de fango”. Su ciclo de vida es de 50-57 días a $24 \pm 1^\circ\text{C}$. También se le suele llamar “gusano de sangre” debido a su color rojo y al alto contenido de hemoglobina en su sangre, lo que le da ventaja de supervivencia ya que viven en concentraciones mínimas de oxígeno en el agua. Estos se encuentran en grandes concentraciones al fondo de aguas someras, con alta materia orgánica, son un elemento importante en el medio ambiente acuático ya que son indicadores útiles de diversos grados de contaminación acuática y forma un eslabón importante en la(s) cadena(s) alimentaria(s) acuática(s). La alimentación con *Tubifex tubifex* tiene grandes ventajas de ser utilizado en la acuicultura debido a su alto contenido de proteínas y grasas. Así como también se caracteriza por presentar movilidad y tamaño apropiado. Su contenido en hemoglobina lo hace un alimento bastante nutritivo ya que presenta un 63.12% de proteína cruda y 6.56% de grasa cruda, siendo así un alimento con mucho valor nutrimental (Khangarot, 1991; Luna-Figueroa & Figueroa-Torres, 2007) (Fig. 6).



Figura 6. *Tubifex tubifex* (Tomado de Fishkeeping, 2022)

2.12 Metionina como suplemento

La metionina es una de las principales fuentes de grupos metilo en la dieta de animales, ya que con un déficit de éste muestra una deficiencia dietética; es principalmente un antioxidante de las mitocondrias, especialmente de la membrana mitocondrial interna, también responde a las demandas respiratorias, por lo cual se utiliza como predictor molecular de la tasa metabólica aeróbica en animales, ya que completa marcadores tradicionales como la presencia de un pigmento respiratorio. Ya que con una baja ingestión de metionina hay una cantidad insuficiente de homocisteína disponible para la conversión a cistationina, por lo que la serina se acumula en el hígado y en el plasma, al mismo tiempo que los niveles de taurina tisular son reducidos a causa de la limitación en transulfuración. También es uno de los principales elementos de consolidación de las proteínas implicadas en la formación de células y tejidos. También juega un papel importante como agente lipotrópico ya que ayuda a reducir la función hepática deprimida debido a la acumulación excesiva de grasas (Oñate, 2014; Schindeldecker y Moosmann, 2015 y Virtanen y Rumsey, 1996).

2.13 Metionina herbal

La adición de suplementos de origen herbal a la dieta se añaden con objetivo de mejorar los parámetros productivos de los organismos, debido a que mantienen la mayoría sus compuestos activos. La metionina herbal u orgánica es una mezcla de diferentes plantas como (*Eclipta alba*), (*Zea mays*), (*Ocimum sanctum*), (*Asparagus racemosus*) y es un compuesto bioactivo que contiene metionina natural en estado libre, así como dipéptido conjugado y formas de oligopéptidos junto con S-adenosil metionina (SAM) y enzimas necesarios para la conversión de 44 metionina en SAM y su utilización para la donación de un grupo metilo y síntesis de proteínas, por lo que se digiere fácilmente y está libre de alteraciones químicas. La metionina puede influir en la fermentación ruminal, así como mejorar la digestibilidad y productividad de los animales ya que esta juega un papel central en la síntesis de lipoproteínas

en el hígado, así como interviene en la síntesis de carnitina, fosfolípidos y creatina (Hualli, 2016; Oñate, 2014 y Sánchez 2018).

2.14 Importancia de los parámetros fisicoquímicos

La calidad del agua es un factor muy importante, ya que, si ésta no es adecuada, los organismos pueden ser susceptibles a enfermarse, algunos de estos parámetros son la temperatura del agua, la cual debe oscilar entre 16 a 18°C y no debe de pasar de los 20 a 22°C, también requieren de condiciones particulares de turbidez, niveles de oxigenación disueltos en el agua, condiciones estables de corrientes entre otras (Tabla 1) (CONABIO, 2011; Mena y Servín, 2014).

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos adecuados para la especie *Ambystoma mexicanum*.

Parámetros	Valor ideal
pH	6.5-8
Cloro	0 mg/l
Dureza general (GH)	6-16° dh
Dureza carbono (KH)	3-10° dh
Nitritos	> 3 mg/l
Amonio	0% o 0 mg/l
Densidad	1.000
Concentración de CO ₂	< 5 mg/l
Oxígeno disuelto (OD)	> 80% de saturación
Temperatura	10 a 18°C

3 HIPOTESIS

La aplicación de una dieta basal de gusano de fango *Tubifex tubifex* enriquecido con herbometionina tendrá un efecto positivo en los parámetros productivos de crecimiento, supervivencia, ganancia diaria de peso y consumo alimenticio en las diferentes etapas de crecimiento (crías, juveniles y adultos) del ajolote *Ambystoma mexicanum*, siendo la dosis doble de herbometionina la que influya más en dichos parámetros, en comparación a los grupos control los cuales solo fueron alimentados con *Tubifex tubifex*.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la adición de diferentes dosis de herbometionina (0%, 0.25% y 0.5%) al gusano *Tubifex tubifex* a partir del análisis de bases de datos de crecimiento, supervivencia, ganancia diaria de peso y consumo alimenticio de diferentes etapas de crecimiento de *Ambystoma mexicanum*.

4.2 Objetivos particulares

- Evaluar el crecimiento en peso y talla de diferentes etapas de crecimiento de *Ambystoma mexicanum* alimentados con una dieta enriquecida con herbometionina en diferentes dosis (0%, 0.25% y 0.5%).
- Determinar la ganancia diaria de peso de diferentes etapas de crecimiento de *A. mexicanum* con dietas adicionadas con herbometionina.
- Determinar la tasa específica de crecimiento de diferentes etapas de crecimiento de *A. mexicanum* con dietas enriquecida con herbometionina.
- Estimar el consumo alimenticio de diferentes etapas de crecimiento de *A. mexicanum* con dietas enriquecida con herbometionina.
- Comparar la supervivencia de diferentes etapas de crecimiento de *A. mexicanum* con relación a la dosis de herbometionina adicionada al alimento.

- Analizar la calidad del agua de los tratamientos mantenidos con dosis de herbometionina de las diferentes etapas de crecimiento de *A. mexicanum*.

5 METODOLOGIA

El presente trabajo de servicio social se realizó integrando y analizando una base de datos preexistente sobre la aplicación de una dieta enriquecida con herbometionina a crías, juveniles y adultos de *Ambystoma mexicanum*, y un análisis de los parámetros fisicoquímicos, previamente registrados por el Laboratorio de Limnobiología y Acuicultura de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, cuyos datos fueron obtenidos de acuerdo a lo siguiente:

5.1 Diseño del experimento

El experimento fue realizado en el Laboratorio de Limnobiología y Acuicultura de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco situado en la planta baja del edificio Wa, en el número 002, teniendo 3 poblaciones de *Ambystoma mexicanum* en diferentes etapas de desarrollo (crías, juveniles y adultos):

- o Crías con 27 individuos de tres meses
- o Juveniles con 45 individuos de 9 meses
- o Adultos con 84 individuos de 2 años y 8 meses

El cual consistió en un diseño experimental completamente al azar, en donde las crías y los juveniles tuvieron tres tratamientos por triplicado con diferentes dosis de herbometionina: Control 0%, Recomendado 0.25% y Doble 0.5%, las crías fueron distribuidas en 9 unidades experimentales (UE) divididos en densidad de 3 organismos/40 L, mientras que los juveniles fueron distribuidos en densidades de 5 organismos/40 L. Los adultos se distribuyeron en 12 UE en densidades de 7 organismos/60 L, en tres tratamientos por cuadruplicado con diferentes dosis de herbometionina (0%, 0.25% y 0.5%).

Dichos experimentos tuvieron una duración de 24 semanas en condiciones controladas de temperatura ($18\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$), un fotoperiodo natural y aireación constante

en las unidades experimentales. Así mismo se realizó limpieza de las UE con recambios de agua tres veces por semana.

5.2 Biometría

Para la evaluación del crecimiento en peso (P) los ajolotes fueron pesados cada semana con ayuda de una balanza digital OHAUS®, así mismo se registró su longitud total (LT) y longitud a la cloaca (LC) con ayuda de un Ambystometro®.

5.3 Alimentación

La dieta consistió en gusano de fango *Tubifex tubifex*, el cual fue previamente depurado con microalga y con lavado constantemente. Los ajolotes fueron alimentados tres veces por semana. El alimento se pesó conforme a la biomasa obtenida de cada UE semanalmente con ayuda de una balanza semi-analítica (Velab) modelo VE-300, para las crías la alimentación fue proporcionada a una tasa del 20 %, juveniles del 8% y adultos del 4% de la biomasa por unidad experimental, la cual se modificó de acuerdo con su consumo. La dosis del suplemento se estimó de acuerdo con el $PV^{0.8}$ del ajolote. Para el enriquecimiento del alimento vivo se utilizó herbometionina cuya dosis fueron Control 0%, Recomendado 0.25% y Doble 0.5%.

Diariamente fue pesado el alimento sobrante del día anterior para determinar el consumo diario de alimento.

5.4 Parámetros fisicoquímicos

Se registraron quincenalmente los parámetros fisicoquímicos para mantener las condiciones adecuadas del agua, los cuales fueron tomados con ayuda de un Kit Test Nutrafin (Hagen) para nitritos (NO_3), nitratos (NO_2) y amonio (NH_4), así como también el pH y temperatura con ayuda de un potenciómetro (Cheker Hanna Hi98103) y un termómetro de mercurio respectivamente.

5.5 Cálculos y Análisis estadístico

Con los datos que previamente fueron registrados se llevó a cabo la integración y análisis de los parámetros productivos del ajolote *Ambystoma mexicanum* tanto de crías, juveniles y adultos, mediante la aplicación de las siguientes formulas:

- Ganancia diaria de peso (Moreno-Álvarez *et al.*, 2000):

$$GDP = \frac{(Pf - Pi)}{t}$$

Dónde:

Pf = Peso final.
Pi = Peso inicial
t = tiempo

- Tasa específica de crecimiento (Wootton, 1991):

$$TEC = \frac{\ln Pf - \ln Pi}{t} * 100$$

Dónde:

LnPf = Logaritmo natural del peso final.
LnPi = Logaritmo natural del peso inicial
t = tiempo

- Sobrevivencia (Arce y Luna, 2003) :

$$S \% = \frac{N^{\circ} \text{ Final de organismos}}{N^{\circ} \text{ Inicial de organismos}} * 100$$

- Incremento de peso (Moreno-Álvarez *et al.*, 2000):

$$INCP = \text{Peso final} - \text{Peso inicial}$$

- Incremento de talla (Moreno-Álvarez *et al.*, 2000):

$$INCP = \text{Longitud total final} - \text{Longitud total inicial}$$

- Consumo alimenticio:

$$CON (g) = \text{Alimento ofrecido} - \text{Alimento rechazado}$$

Finalmente se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) en el programa estadístico JMP (Software, SAS Institute) para comparar el efecto lineal y cuadrático por polinomios ortogonales de los parámetros productivos de los organismos tratados con herbometionina.

6 RESULTADOS

6.1 Crías

En la Tabla 2 se observan los valores promedio de los parámetros productivos sobre los tres tratamientos con herbometionina de crías de *A. mexicanum*, observándose que diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos. Sin embargo, se registró que la dosis doble (0.5%) obtuvo los mejores resultados a los 180 días del experimento, registrándose un peso de $44.74 \text{ g} \pm 2.51$, biomasa de $134.23 \text{ g} \pm 7.5$, Ganancia diaria de peso (GDP) de $0.22 \text{ g/día} \pm 0.01$, Tasa específica de crecimiento (TEC) de $1.24 \text{ \%/día} \pm 0.09$, y un Incremento en peso (INCP) de $40.09 \text{ g} \pm 2.35$, Incremento en talla (INCT) de $10.91 \text{ cm} \pm 0.50$.

Por otro lado, la Longitud Total (LT) y Longitud Hocico-Cloaca (LC) fueron muy similares en los tres tratamientos, siendo ligeramente un poco más alta la dosis doble (0.5%) de $18.87 \text{ cm} \pm 0.26$ y $10.54 \text{ cm} \pm 0.45$ respectivamente. En cuanto al consumo alimenticio éste fue mayor en la dosis control (0%) registrando un valor de $34.26 \text{ g/quincena} \pm 13.72$. La supervivencia los tratamientos de dosis control (0%) y doble (0.5%) fue del 100%, mientras que la dosis recomendada (0.25%) fue de 88.88%.

Tabla 2. Valores promedio del crecimiento (inicial y final) y consumo alimenticio de crías de ajolote *Ambystoma mexicanum* alimentados con *Tubifex tubifex* enriquecido con herbometionina ($P < 0.05$).

Variables	Dietas			EEM	Q	L
	Control (0%)	Recomendada (0.25%)	Doble (0.5%)			
Inicial						
<i>n</i>	9	9	9			
Peso(g)	4.81±0.82	5.46±0.52	4.65±0.82	0.42	0.21	0.79
Biomasa (g)	14.44±2.47	16.38±1.56	13.85±2.56	1.30	0.21	0.76
LT (cm)	7.67 ± 0.27	7.93± 0.49	7.96± 0.25	0.21	0.64	0.36
LC (cm)	7.02± 0.20	6.73± 0.12	6.58± 0.08	0.08	0.53	0.01
Final						
<i>n</i>	9	8	9			
Peso (g)	43.97± 2.34	43.47± 3.34	44.74±2.51	1.60	0.62	0.83
Biomasa (g)	131.90 ±7.01	115.40±23.74	134.23±7.5	8.63	0.36	0.23
LT (cm)	18.23 ± 0.07	18.26± 0.72	18.87± 0.26	0.26	0.09	0.96
LC (cm)	10.43± 0.12	10.46 ± 0.34	10.54± 0.45	0.19	0.56	0.81
GDP (g/día)	0.21± 0.02	0.22 ± 0.02	0.22± 0.01	0.01	0.49	0.81
TEC (%/día)	1.21± 0.12	1.13± 0.04	1.24± 0.09	0.05	0.35	0.34
INCP (g)	39.15± 3.10	37.52±3.10	40.09± 2.35	1.66	0.48	0.64
INCT (cm)	10.57± 0.34	10.32± 0.63	10.91±0.50	0.29	0.24	0.57
Consumo (g/quincena)	44.93± 4.62	34.26±13.72	39.28±11.75	6.22	0.97	0.27
S (%)	100	88.88	100	0.19	0.51	0.27

n= Número de ajolotes por tratamiento, LT= Longitud Total, LC= Longitud Hocico-Cloaca, GDP= Ganancia diaria de peso, TEC= Tasa específica de crecimiento, INCP=Incremento en peso, INCT=Incremento en talla, S= Supervivencia.

En la figura 7 se observa el comportamiento del peso de crías de *A. mexicanum* a lo largo del experimento, en donde a partir de la segunda quincena se observó un ligero aumento de peso en los organismos a los que se les aplicó la dosis de herbometionina al 0.25% y 0.5% siendo de 13.00 g y 12.55 g respectivamente, manteniéndose constante este incremento a lo largo del experimento, destacando la dosis doble (0.5%) ya que a partir de la octava quincena se observa un aumento de peso con 37.92 g, registrando un peso final de 44.74 g. En cuanto a la dosis control (0%) y la dosis recomendada (0.25%) se observó una

pequeña disminución de peso a partir de la quincena nueve con 35.42 g y 35.91 g respectivamente.

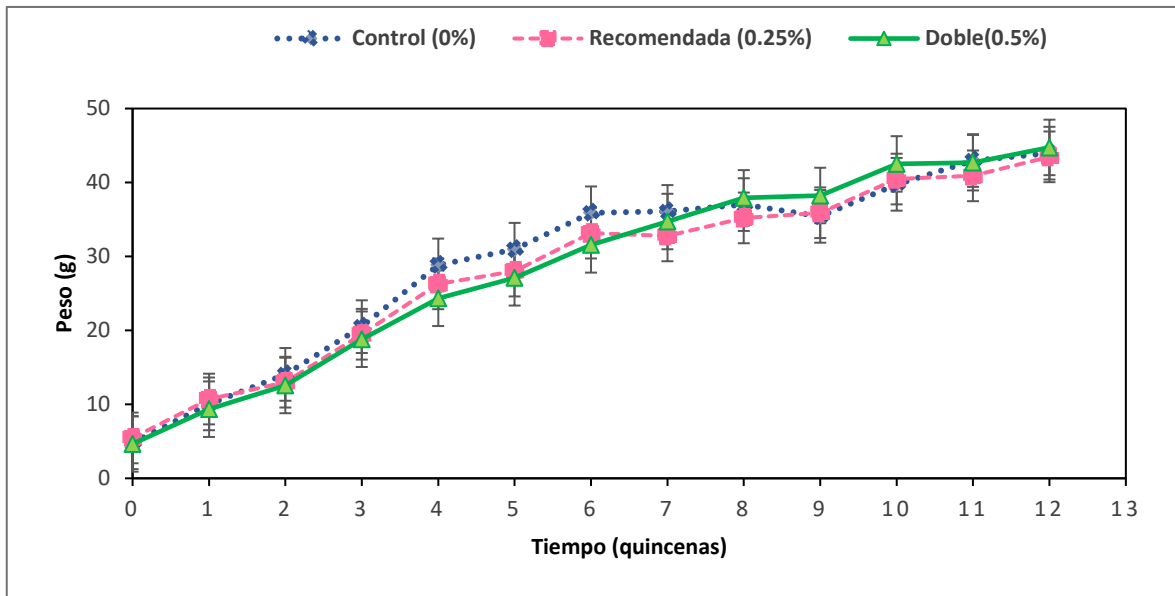


Figura 7. Valores promedio de peso (g) de crías de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas.

Los valores de biomasa registrados para crías de *A. mexicanum* se observan en la figura 8, en donde las primeras cuatro quincenas se observó un aumento constante de biomasa en los tres tratamientos, pero a partir de la quinta quincena la dosis control (0%) tuvo un ligero incremento siendo de 92.83 g, mientras que en la octava quincena la dosis doble (0.5%) registro un aumento sobresaliente, registrando una biomasa final de 134.23 g, en cuanto a la dosis recomendada (0.25%) y control (0%) se registró una biomasa final de 115.40 g y 131.90 g respectivamente.

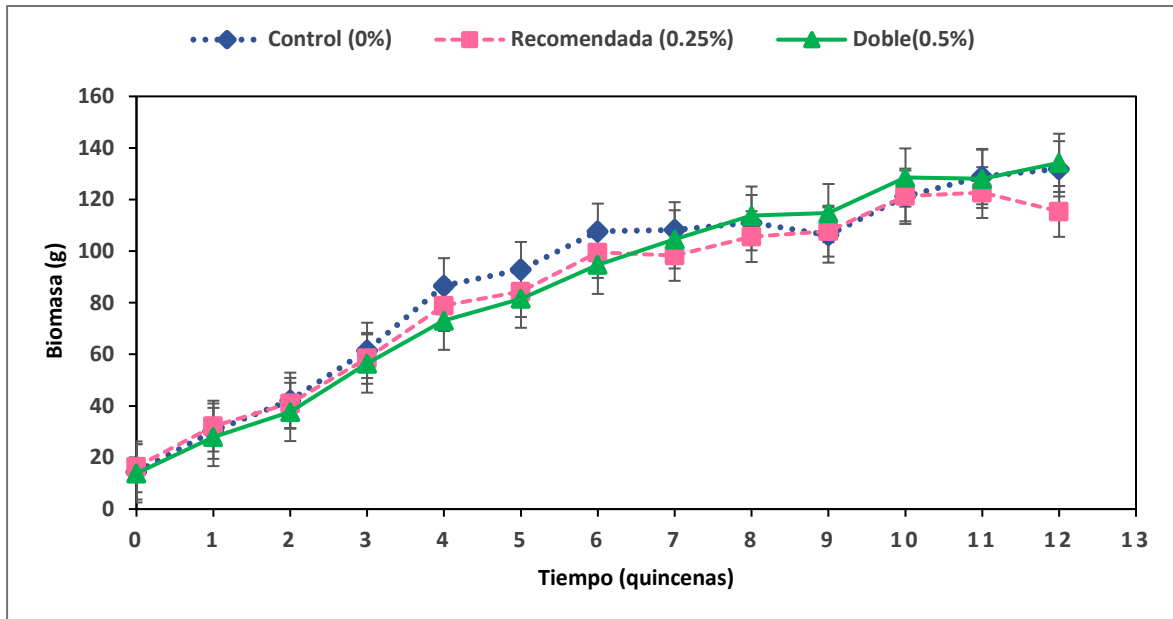


Figura 8. Valores promedio de biomasa (g) de crías de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas.

Los valores de LT registrados para crías de *A. mexicanum* se observan en la figura 9, durante las primeras tres quincenas tuvo un aumento constante de tamaño en la dosis control (0%) teniendo un valor de 12.54 cm, para la cuarta quincena la dosis doble (0.5%) registró un incremento de 13.73 cm, seguido de la dosis control con 13.63 cm y la dosis recomendada (0.25%) con 13.48 cm, en cuanto a la quinta quincena se observó un cambio, ya que tuvo un mejor resultado la dosis control con 15.83 cm, seguido de la recomendada con 15.59 cm y por último la dosis doble fue de 15.29 cm, mientras que en la sexta quincena la dosis doble (0.5%) mantuvo un aumento constante hasta el final del experimento registrando una LT de 18.87 cm, en cuanto a la dosis recomendada (0.25%) fue de 18.26 cm y la dosis control (0%) de 18.22 cm.

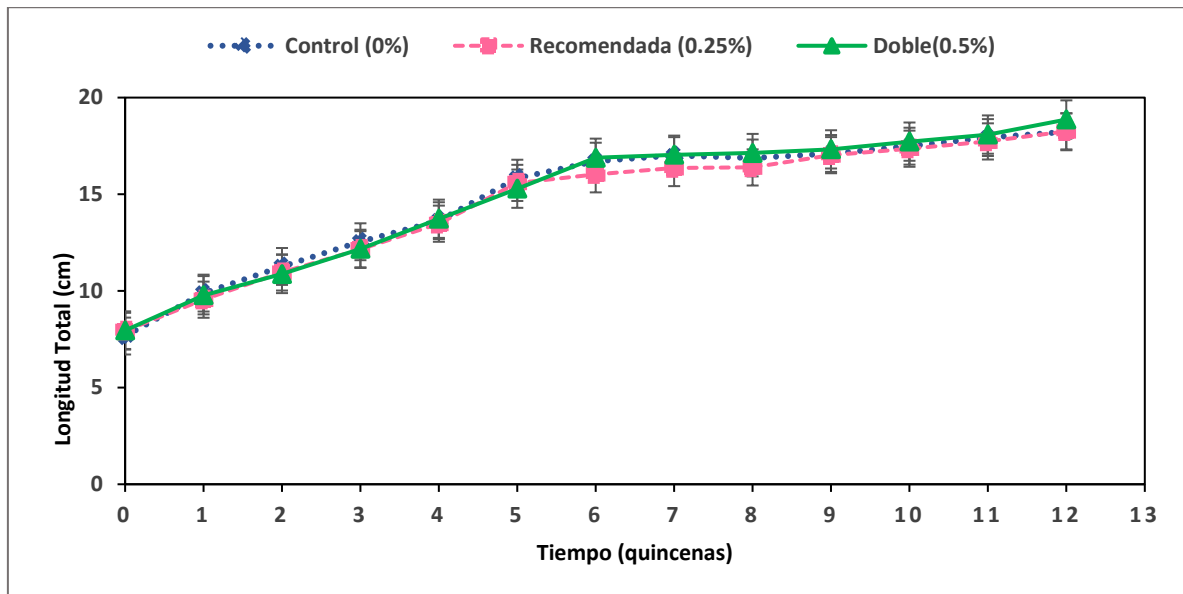


Figura 9. Valores promedio de Longitud total (cm) de crías de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas

En cuanto a LC en las primeras tres quincenas hay un aumento constante en la dosis control (0%) teniendo un valor de 9.37 cm, para la cuarta y quinta quincena la dosis control (0%) mostró cambios positivos teniendo un promedio de 9.42 cm de LC, seguido de la dosis doble con 9.40 cm y por último la dosis recomendada con 9.12 cm. A partir de la doceava quincena la dosis doble (0.5%) fue la que mostró un aumento más notorio reportando un promedio de LC final de 10.54 cm, mientras que la dosis control (0%) fue de 10.43 cm y finalmente la dosis recomendada (0.25%) con 10.36 cm respectivamente (Fig. 10).

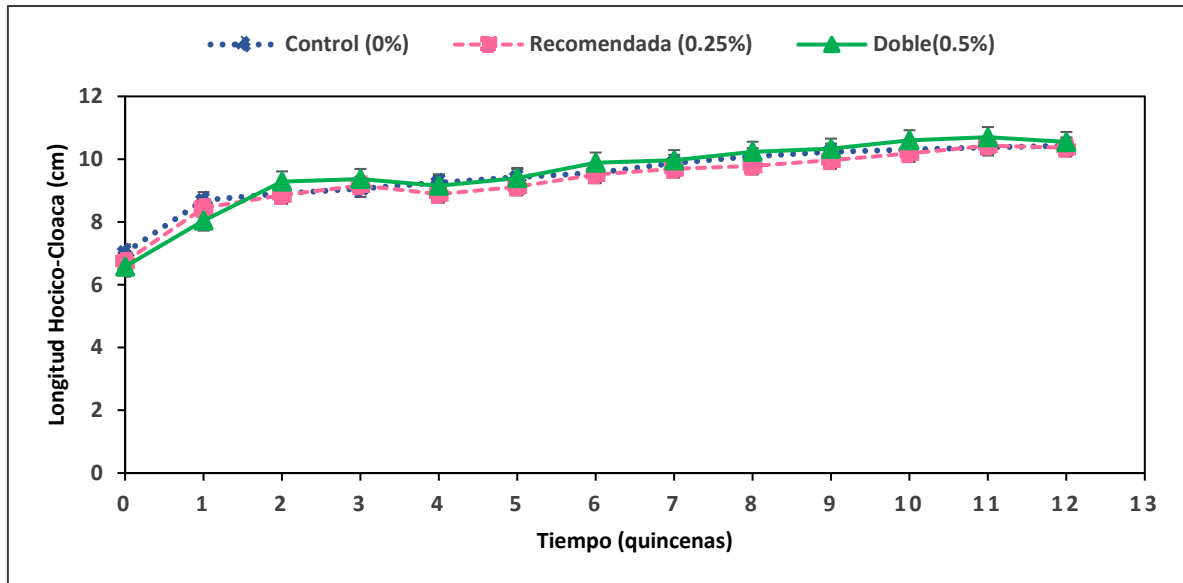


Figura 10. Valores promedio de Longitud Cloaca (cm) de crías de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas

Para la GDP la primera quincena la dosis recomendada (0.25%) y la dosis control (0%) registraron un valor de 0.33 g/día, está misma dosis se observó un aumento a partir de la segunda quincena hasta la séptima quincena donde se registró una disminución, mientras que la dosis doble (0.5%) mostró un incremento notable a partir de la octava quincena hasta el final del experimento obteniendo un valor final de 0.22 g/día (Fig. 11).

Para el caso de la TEC se observa que en la primera quincena la dosis control (0%) tuvo un incremento de 4.61 %/día, disminuyendo casi un 1 %/día para la segunda quincena, la dosis doble (0.5 %) en la quinta quincena sobresalió con un valor de 1.84 %/día manteniéndose constante hasta la doceava quincena con 1.24 %/día (Fig. 12)

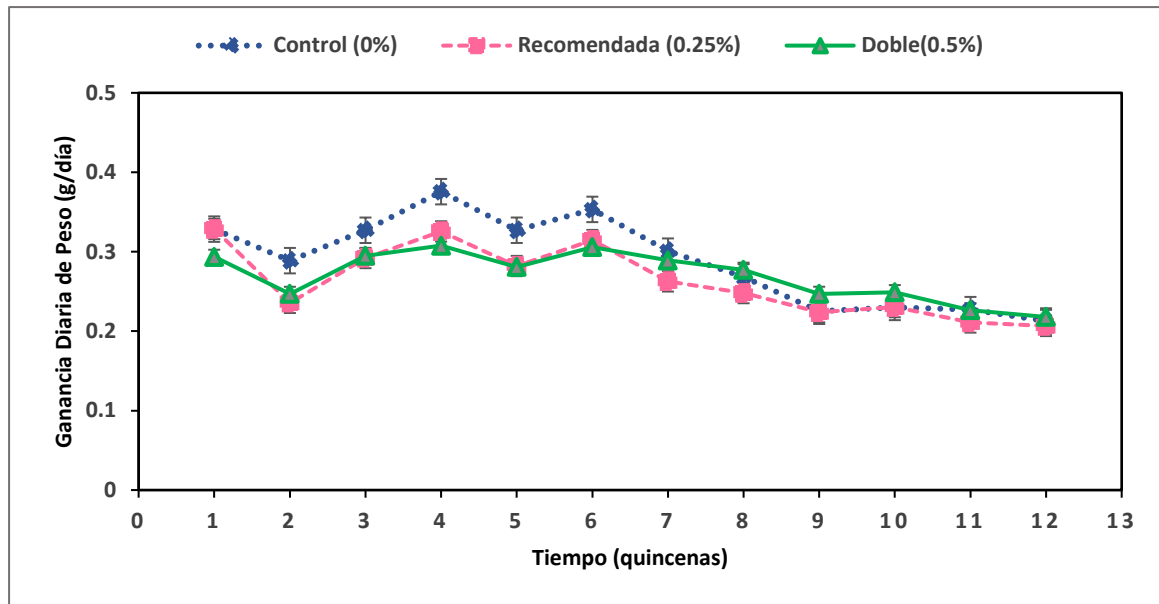


Figura 11. Valores promedio de Ganancia Diaria de Peso (g/día) de crías de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas.

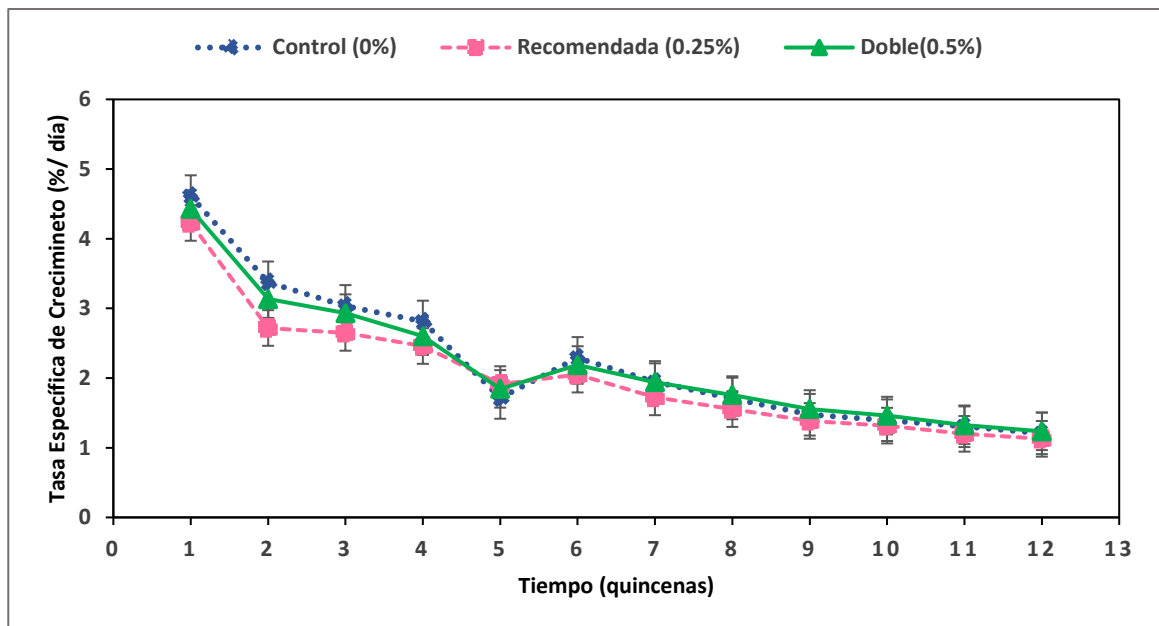


Figura 12. Valores promedio de la Tasa Especifica de Crecimiento (%/día) de crías de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas

En cuanto al INCP se observa en la figura 13 que a partir de la primera quincena hasta la séptima quincena todas las dosis registraron un aumento constante, destacando la dosis recomendada (0.25%) con 31.28 g, y a partir de la octava quincena hasta el final del experimento la dosis doble (0.5%) tuvo los mejores resultados ya que se registró un valor final de 40.09 g, lo mismo ocurrió para la dosis control (0%) con 39.15 g y finalmente la dosis recomendada (0.25%) tuvo un incremento en peso de 37.52 g.

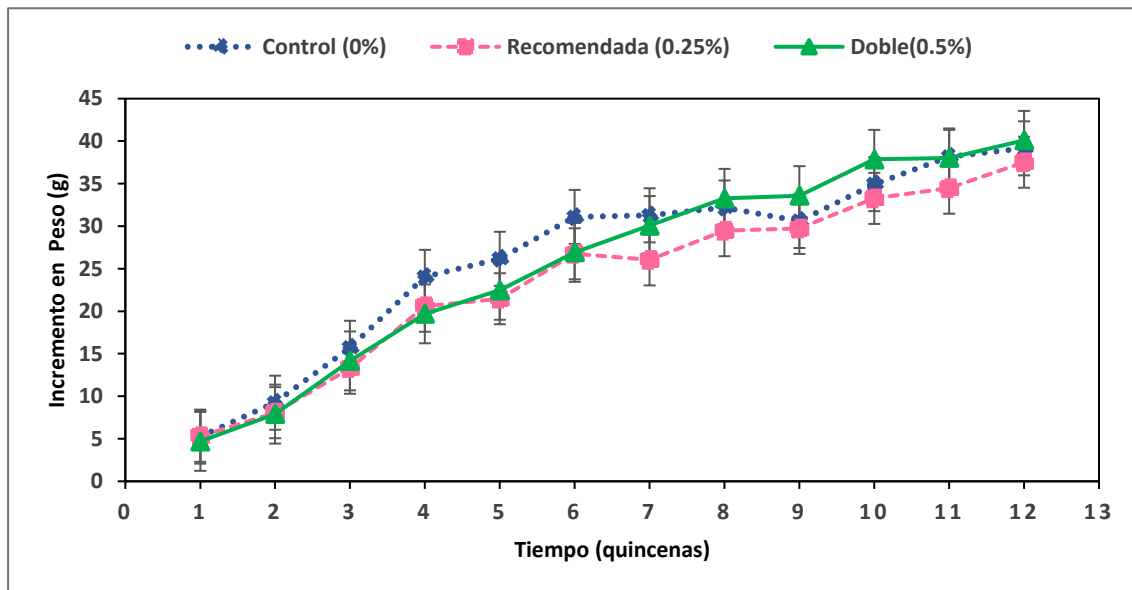


Figura 13. Valores promedio del Incremento en Peso (g) de crías de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas

El INCT de las crías de *A. mexicanum* (Fig. 14) a partir de la segunda quincena tuvo un ligero aumento en los organismos de la dosis control (0%) siendo de 3.60 cm manteniéndose en constante aumento a lo largo del experimento, asimismo la dosis doble (0.5%) mostró un incremento constante reportando en la doceava quincena un valor de 10.91 cm siendo esta dosis la que mostró los mejores resultados en cuanto al incremento en talla. Mientras que la dosis control (0%) y la dosis recomendada (0.25%) se tuvo un incremento final de 10.57 cm y 10.32 cm respectivamente.

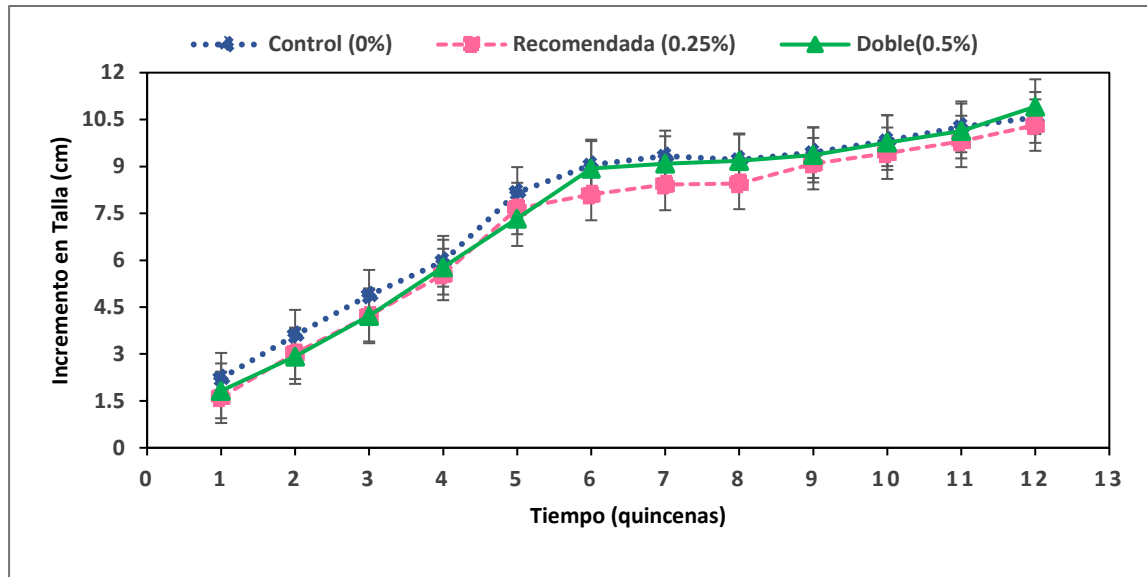


Figura 14. Valores promedio del Incremento en talla (cm) de crías de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas

Para el caso del Consumo alimenticio en crías de *A. mexicanum* (Fig. 15) se registró en la segunda quincena que la dosis control (0%) tuvo un consumo de 26.00 g/quincena, seguido de la dosis doble (0.5%) con 26.24 g/quincena y la dosis recomendada (0.25%) con 31.13 g/quincena, en la tercera quincena se observó que la dosis doble (0.5%) registro la menor cantidad de consumo de alimento con 24.05 g/quincena, mientras que en la séptima quincena se registró un aumento de 63.97 g/quincena, en el caso de la dosis recomendada (0.25%) se reportó un consumo de 40.39 g/quincena en la cuarta quincena, mientras que en la sexta quincena tuvo un aumento de 54.75 g/quincena, y un ligero descenso en la novena quincena de 37.70 g/quincena, la dosis control (0%) en la décima quincena consumió una menor cantidad de alimento siendo de 31.96 g/quincena, en el caso de la dosis recomendada (0.25%) al final del experimento registro un menor consumo de alimento siendo de 34.26 g/quincena.

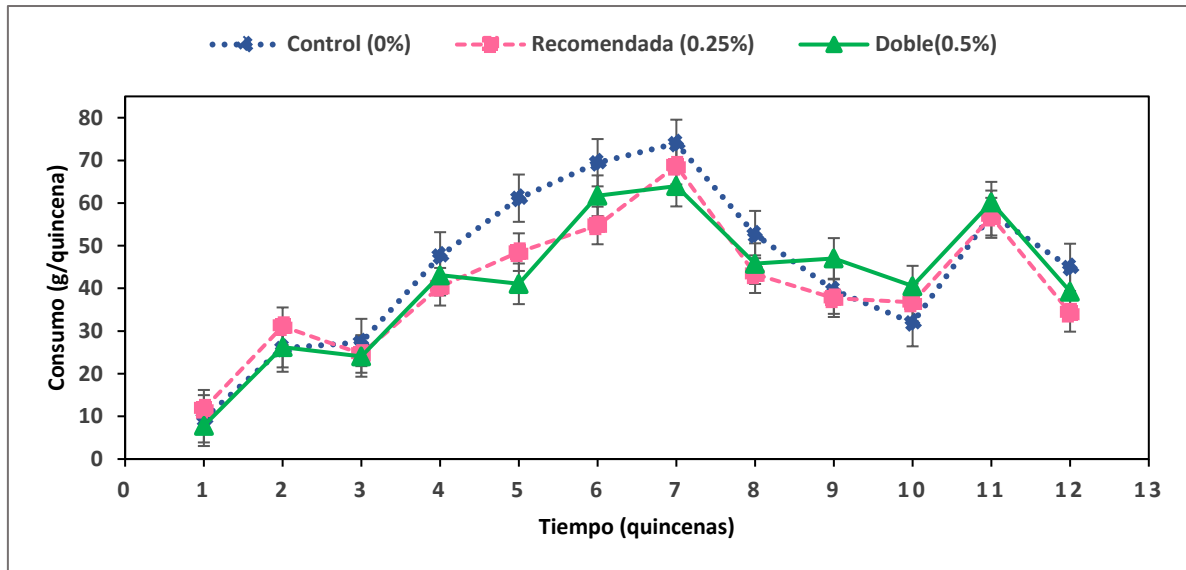


Figura 15. Valores promedio del Consumo de alimento (g/ quincena) de crías de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas

En cuanto a la supervivencia a partir de la onceava quincena la dosis recomendada (0.25%) mostró un porcentaje de supervivencia final de 88.89 %, mientras que la dosis control (0%) y doble (0.5%) se mantuvieron con un porcentaje de supervivencia del 100 % (Fig. 16).

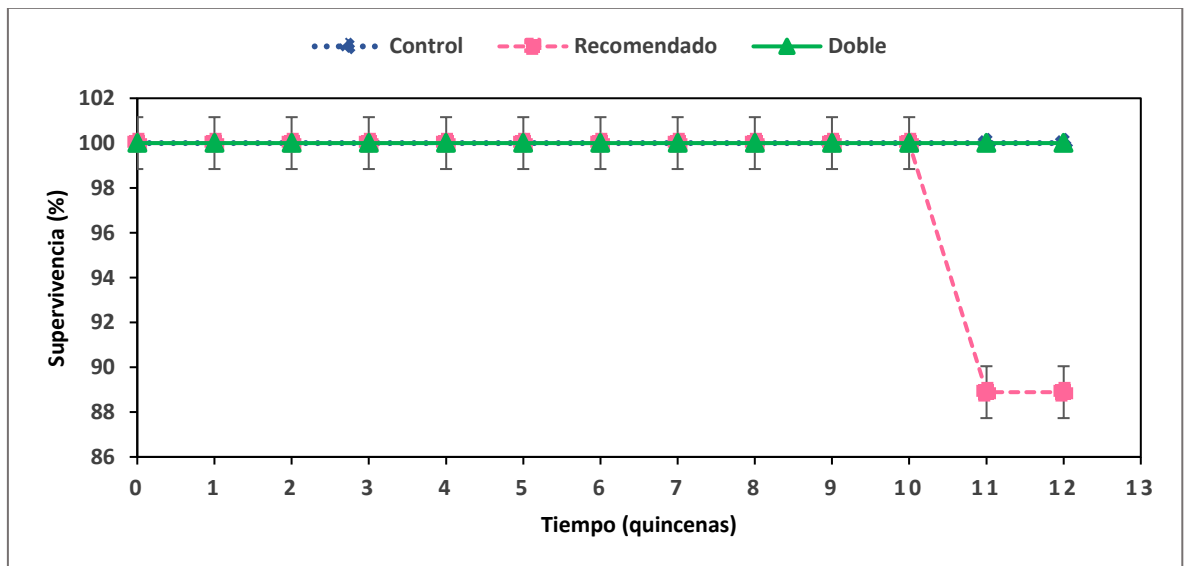


Figura 16. Valores promedio de Supervivencia (%) de crías de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas

Por otra parte, los parámetros fisicoquímicos registrados para crías de *A. mexicanum* se muestran en la tabla 3, donde se observa que la temperatura en los tres tratamientos se mantuvo en un rango de 19.81 a 19.88 °C, mientras que el pH se reportó un valor de 8.20 a 8.35, para el caso del amonio se registró un rango de 0.47-0.54 mg/L, para los nitratos se obtuvo valores de 10.49-12.27 mg/L, los nitritos fueron de 0.52 a 0.58 mg/L manteniéndose en los tres tratamientos.

Tabla 3. Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos de crías de ajolote *Ambystoma mexicanum* alimentado con *Tubifex tubifex* enriquecido con herbometionina en sus tres diferentes dosis.

Parámetros Fisicoquímicos	Dietas		
	Control (0%)	Recomendada (0.25%)	Doble (0.5%)
Temperatura (°C)	19.81	19.83	19.88
pH	8.35	8.20	8.28
Amonio (mg/L)	0.47	0.47	0.54
Nitratos (mg/L)	12.27	10.49	11.42
Nitritos (mg/L)	0.58	0.55	0.52

6.2 Juveniles

Para el caso de los juveniles de *Ambystoma mexicanum* los valores promedio de los parámetros productivos de los tres tratamientos con herbometionina se observan en la Tabla 4, registrándose un efecto significativo ($P < 0.05$) en los tratamientos con herbometionina, siendo así la dosis doble (0.5%) la que tuvo mejores resultados durante 180 días, con un peso promedio de 79.63 g \pm 2.51, biomasa de 381.40 g \pm 19.62, TEC de 0.16 %/día \pm 0.02, INCP de 21.07 g \pm 3.13, INCT con 2.31 cm \pm 0.62 y LT de 21.87 cm \pm 0.72, en cuanto a LC destaca la dosis control (0%) con 11.89 cm \pm 0.34 y una GDP con 0.08 g/día \pm 0.01. Así como el consumo alimenticio la dosis recomendada (0.25%) mostró un valor de 73 g/quincena \pm 10.58. La supervivencia para la dosis control (0%) y dosis doble (0.5%) fue de 100%, mientras que para la dosis recomendada (0.25%) fue de 93.33%.

Tabla 4. Valores promedio del crecimiento (inicial y final) y consumo alimenticio de juveniles de ajolote *Ambystoma mexicanum* alimentados con *Tubifex tubifex* enriquecido con herbometionina ($P < 0.05$).

Variables	Dietas			EEM	Q	L
	Control (0%)	Recomendada (0.25%)	Doble (0.5%)			
Inicial						
<i>n</i>	15	15	15			
Peso(g)	56.85±1.56	56.83±0.64	58.57±0.70	0.61	0.28	0.09
Biomasa (g)	285.13±6.24	284.13±3.19	293.13±3.55	2.62	0.17	0.07
LT (cm)	19.42 ± 0.07	19.39± 0.58	19.56± 0.22	0.21	0.70	0.65
LC (cm)	10.71± 0.09	10.87± 0.19	10.87± 0.13	0.08	0.46	0.22
Final						
<i>n</i>	15	14	15			
Peso (g)	71.49± 2.76	73.94± 7.76	79.63±2.51	2.84	0.09	0.57
Biomasa (g)	354.27±26.36	329.43±4.82	381.40±19.62	11.07	0.03	0.16
LT (cm)	21.49 ± 0.30	21.20± 0.44	21.87± 0.72	0.30	0.20	0.52
LC (cm)	11.89± 0.34	11.79 ± 0.27	11.84± 0.17	0.16	1.00	0.69
GDP (g/día)	0.08± 0.01	0.07 ± 0.04	0.07± 0.02	0.02	0.23	0.59
TEC (%/día)	0.12± 0.01	0.14± 0.06	0.16± 0.02	0.02	0.27	0.60
INCP (g)	14.65± 1.41	17.11±8.06	21.07± 3.13	2.92	0.20	0.57
INCT (cm)	2.07± 0.33	1.81± 0.77	2.31±0.62	0.35	0.42	0.61
Consumo (g/quincena)	78.60± 2.46	73±10.558	73.67±18.82	7.24	0.82	0.60
S (%)	100	93.33	100	0.19	0.51	0.27

n= Número de ajolotes por tratamiento, LT= Longitud Total, LC= Longitud Hocico-Cloaca, GDP= Ganancia Diaria de Peso, TEC= Tasa Especifica de Crecimiento, INCP=Incremento en Peso, INCT=Incremento en Talla, S= Supervivencia.

El peso promedio de los juveniles de *A. mexicanum* a lo largo del experimento se muestran en la figura 17 en donde hubo un incremento de peso constante en los organismos con dosis de herbometionina doble (0.5%) a partir de la quinta quincena con 69.10 g. Para la sexta quincena la dosis recomendada (0.25%) fue mayor con 71.36 g, pero a partir de la séptima quincena hasta el final del experimento la dosis doble (0.5%) mostró resultados positivos registrando como

valor final 79.63 g. Mientras la dosis recomendada (0.25%) y control (0%) tuvieron una disminución con un valor final de 73.94 g y 71.49 g respectivamente.

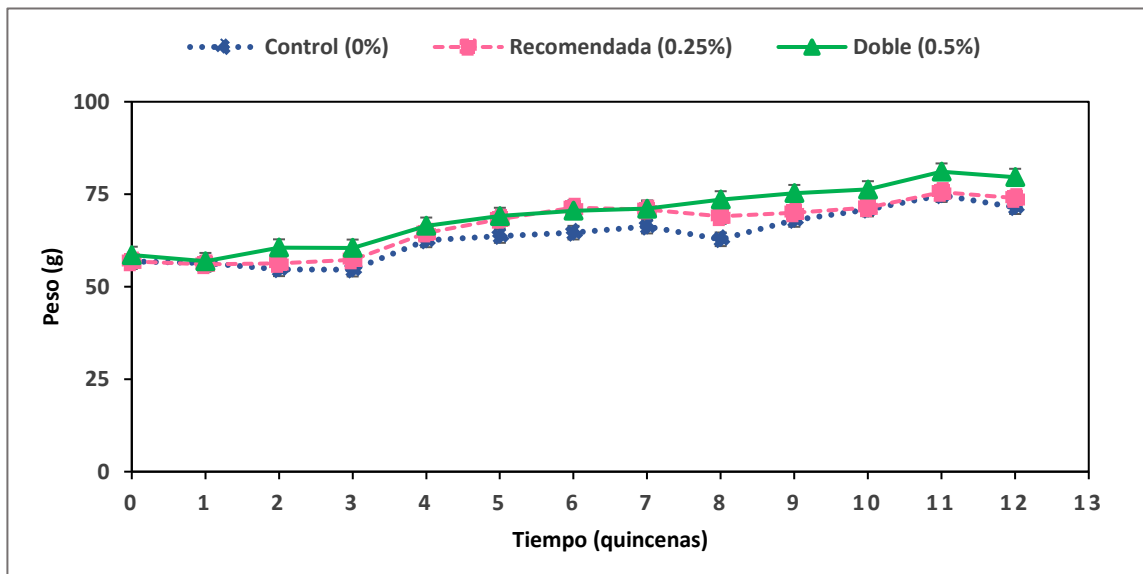


Figura 17. Valores promedio de peso (g) de juveniles de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas.

En la figura 18 se observan los valores de biomasa registrados para juveniles de *A. mexicanum*, en donde se muestra que a partir de la primera quincena la dosis doble (0.5%) tuvo un aumento constante de biomasa y sigo aumentando hasta el final del experimento registrándose un valor final de 381.40 g, en cuanto a la dosis control (0%) y recomendada (0.25%) se registró una biomasa de 354.27 g y 329.43 g respectivamente.

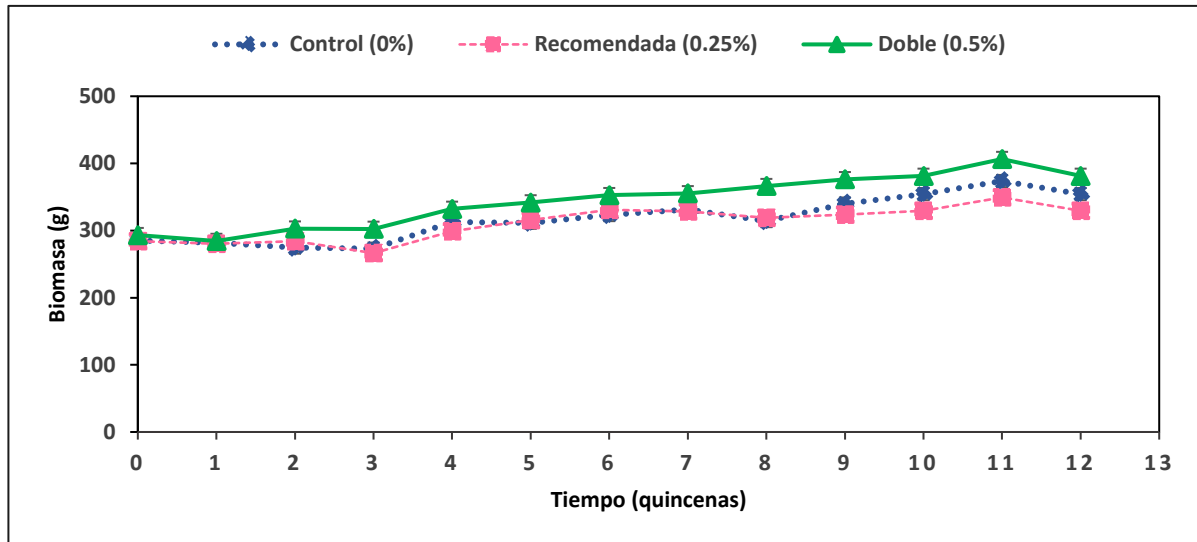


Figura 18. Valores promedio de biomasa (g) de juveniles de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas.

En cuanto a la LT (Fig. 19) la dosis doble (0.5%) destacó en todo el experimento, ya que para las primeras tres quincenas el valor de la LT fue de 20.01 cm, mientras que la dosis recomendada (0.25%) tuvo un valor de 19.89 cm y la dosis control (0%) un valor de 19.45 cm, para la onceava quincena la dosis doble (0.5%) tuvo un valor de 22.04 cm, mientras que la dosis control (0%) y recomendada (0.25%) fue de 21.42 cm y 21.11 cm respectivamente y finalmente en la última quincena, el valor promedio que se registró en la dosis recomendada (0.25%) fue de 21.20 cm y para dosis control (0%) de 21.49 cm.

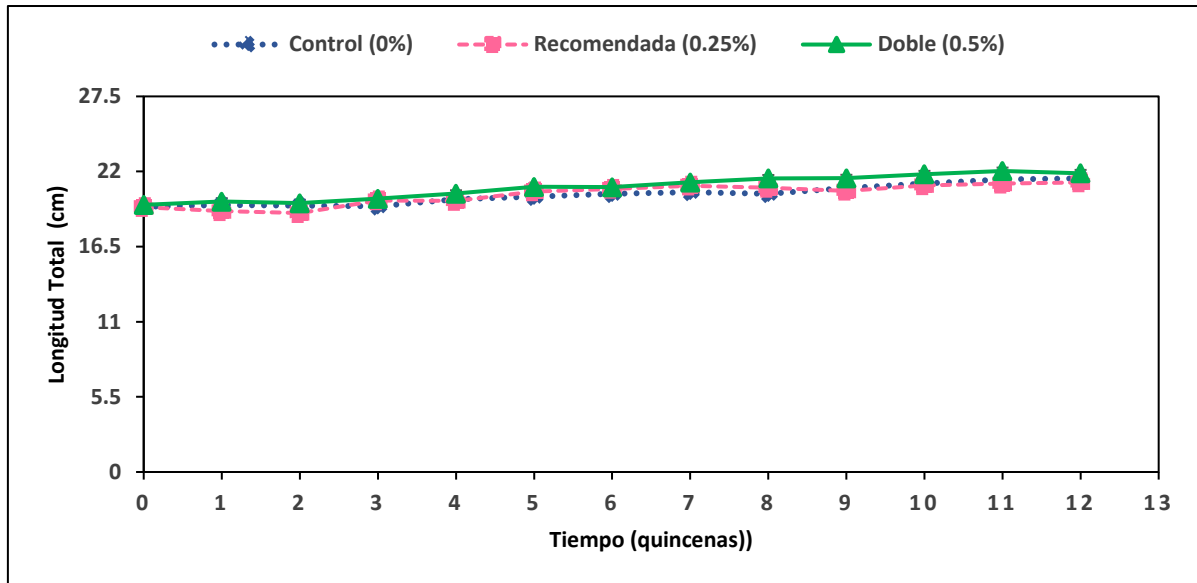


Figura 19. Valores promedio de Longitud Total (cm) de juveniles de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas

Los valores registrados de LC para juveniles de *A. mexicanum* se observan en la figura 20, en donde la primera quincena la dosis control (0%) registro un valor de 10.79 cm, en el caso de las dosis recomendada (0.25%) y doble (0.5%) se mantuvieron constantes hasta la octava quincena, reportando un valor la dosis recomendada (0.25%) de 11.91 cm, pero no obstante la dosis control tuvo el valor mayor en la última quincena siendo de 11.89 cm, mientras que para la dosis recomendada (0.25%) y doble (0.5%) tuvieron 11.79 cm y 11.84 cm respectivamente.

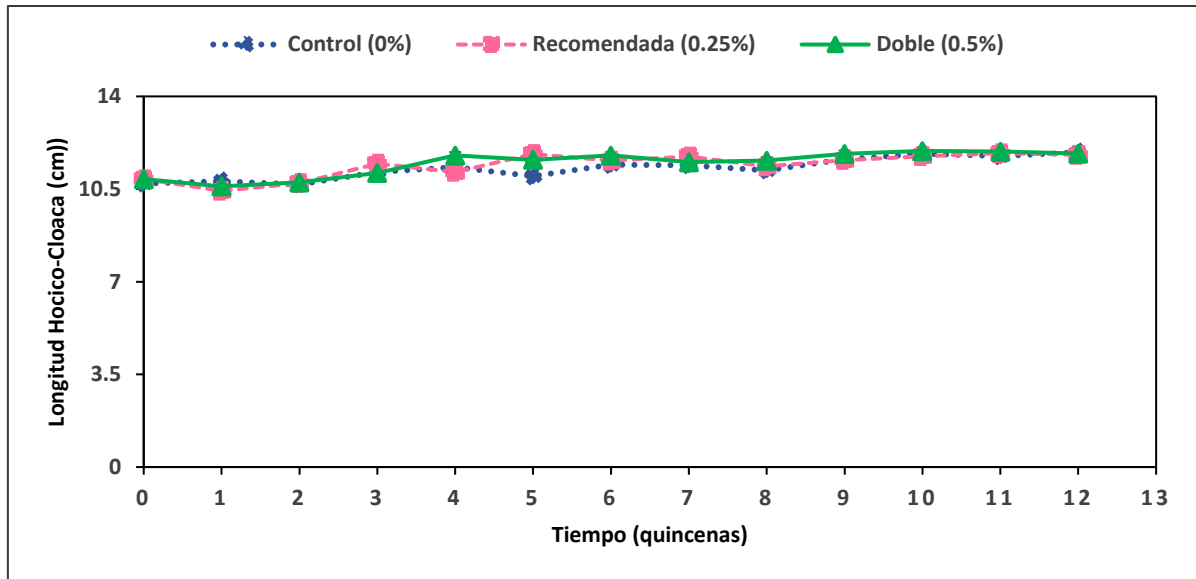


Figura 20. Valores promedio de Longitud Cloaca (cm) de juveniles de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas

La GDP de juveniles de *A. mexicanum* se observa en la figura 21, en donde la cuarta quincena la dosis doble (0.5%) y la dosis recomendada (0.25%) registraron un valor de 0.12 g/día, mientras que partir de la quinta a la séptima quincena la dosis recomendada (0.25%) fue mayor con 0.13 g/día, pero a partir de la octava hasta la onceava quincena la dosis doble (0.5%) sobresalió de las demás con 0.13 g/día, por otra parte en la doceava quincena tuvo un decremento de 0.07 g/día, así como la dosis control (0%) que tuvo una ganancia de peso menor de 0.08 g/día y la dosis recomendada (0.25%) con 0.07 g/día.

En cuanto a la TEC dentro de los 180 días del experimento se observó que durante la segunda a la cuarta quincena la dosis doble (0.5%) y dosis recomendada (0.25%) mostraron un valor significativo con 0.20 %/día, mientras que a partir de la quinta a la séptima quincena la dosis recomendada mostró un mejor resultado de 0.20 %/día, para la octava quincena sobresalió la dosis doble (0.5%) manteniéndose constante hasta la doceava quincena con 0.16 %/día (Fig. 22).

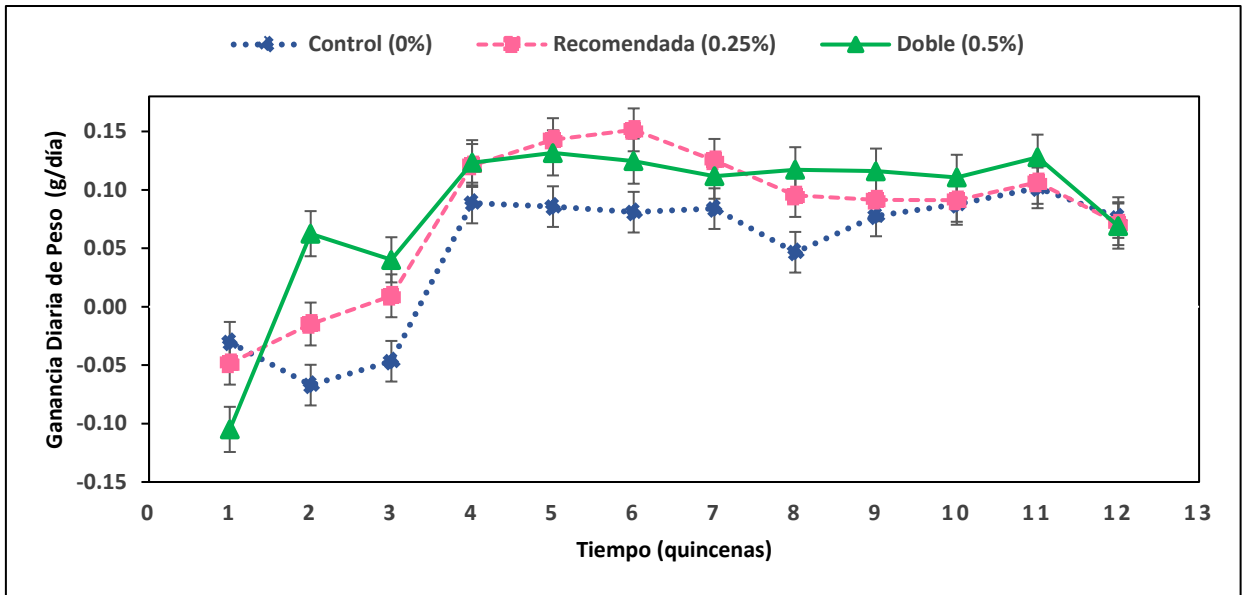


Figura 21. Valores promedio de GDP (g/ día) de juveniles de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas.

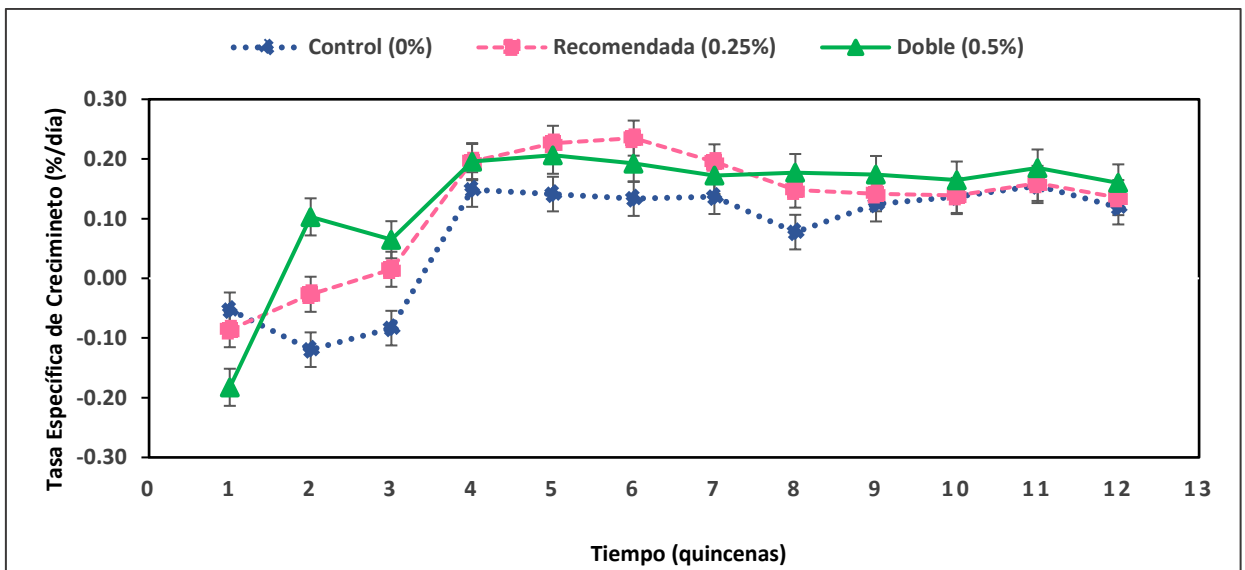


Figura 22. Valores promedio de TEC (%/ día) de juveniles de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas.

Para el INCP de juveniles de *A. mexicanum* (Fig. 23) se observó que a partir de la segunda quincena y hasta el final del experimento la dosis doble (0.5%) tuvo mejores resultados teniendo como valor final 21.07 g, y mientras que de la quinta a la séptima quincena la dosis recomendada (0.25%) registró un valor de 14.03 g, y alcanzando un valor final de 17.11 g, para el caso de la dosis control (0%) fue de 14.65 g.

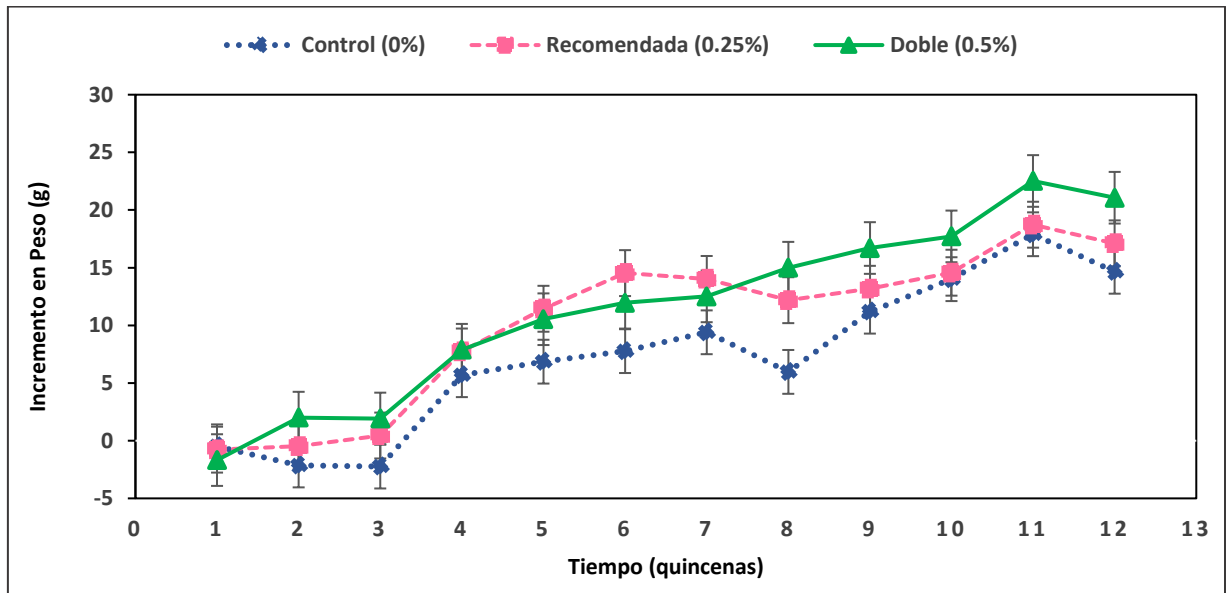


Figura 23. Valores promedio de INCP (g) de juveniles de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas.

El INCT de juveniles de *A. mexicanum* (Fig. 24) las primeras dos quincenas tuvieron un ligero aumento de talla los organismos de la dosis doble (0.5%) registrando en la quinta quincena un valor de 1.31 cm, la dosis recomendada (0.25%) en la tercera y sexta quincena sobresalió teniendo un valor de 0.50 cm y 1.34 cm respectivamente, por otra parte, la dosis doble (0.5%) mostró un incremento constante reportándose desde la séptima a la doceava quincena un valor de 2.31 cm siendo esta dosis la que mostro los mejores resultados en cuanto al incremento en talla.

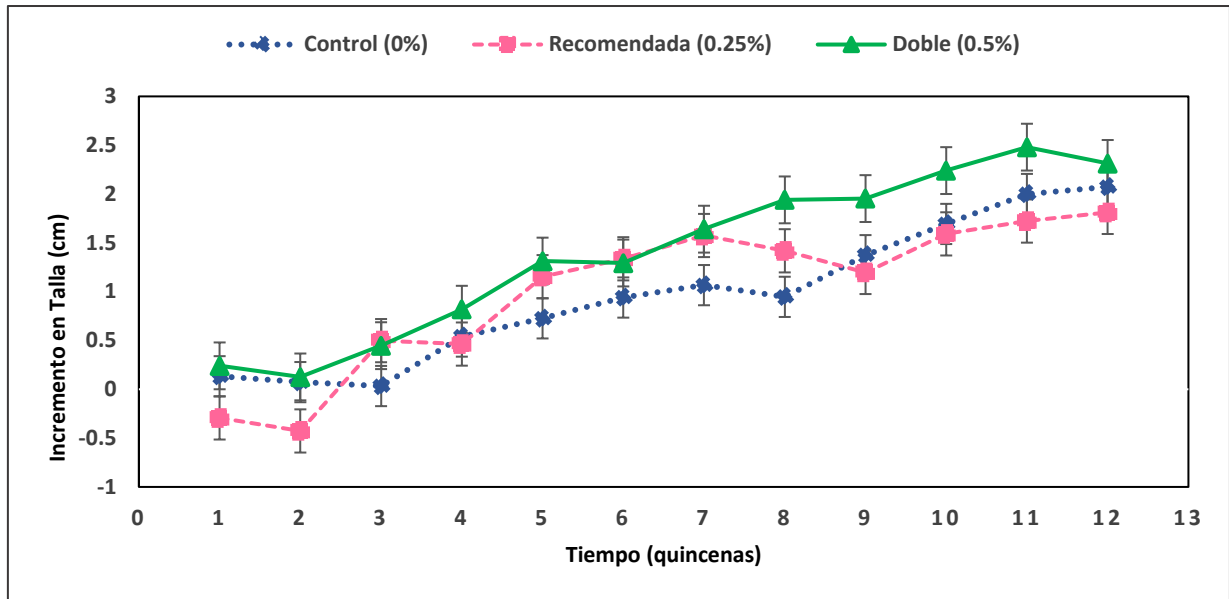


Figura 24. Valores promedio de INCT (cm) de juveniles de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas.

En de juveniles de *A. mexicanum* el Consumo alimenticio (Fig. 25) en la segunda quincena fue menor en el grupo con dosis doble (0.5%) 12.29 g/quincena, mientras que a partir de la tercera quincena la dosis control aumento su consumo con 27.12 g/quincena, por otra parte en la séptima hasta la novena quincena la dosis control (0%) consumió menor cantidad de alimento, sin embargo en la décima quincena hasta el fin del experimento la dosis recomendada registró un valor final de 73.00 g/quincena de consumo, siendo este el valor más bajo respecto a los demás tratamientos, ya que en ellos hubo un aumento en cuanto al consumo de alimento.

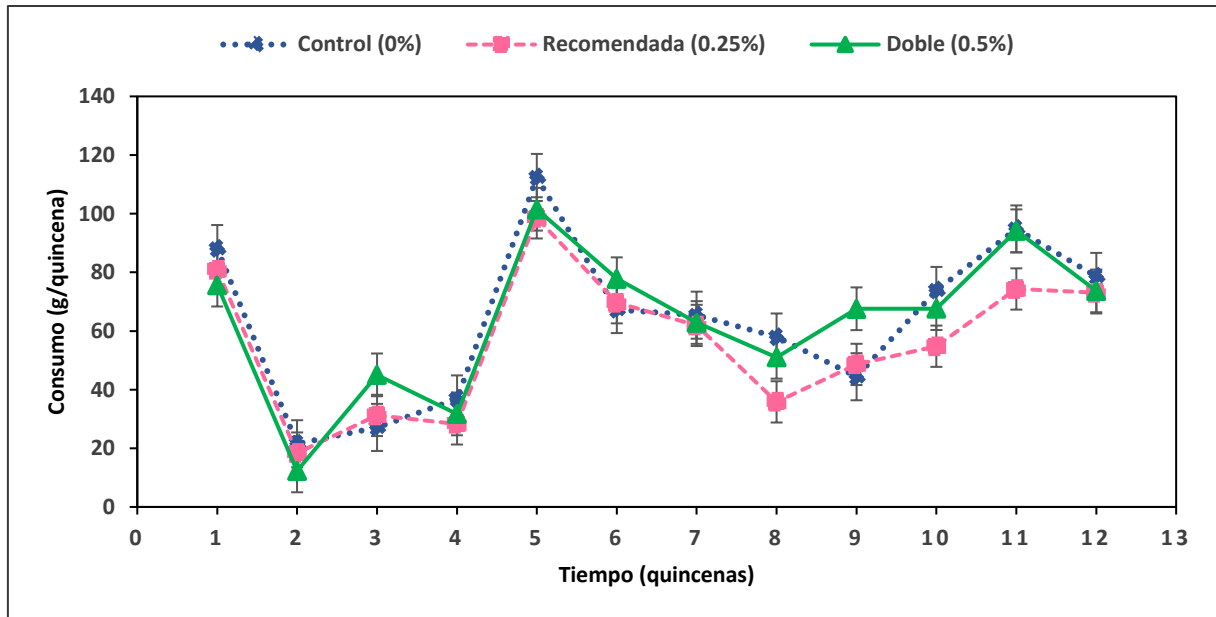


Figura 25. Valores promedio del Consumo de Alimento (g/quincena) de juveniles de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas

Por último, en cuanto a la supervivencia (Fig. 26) en la dosis recomendada (0.25%) fue del 93.33%, mientras que las demás dosis (control y doble) la supervivencia fue del 100%.

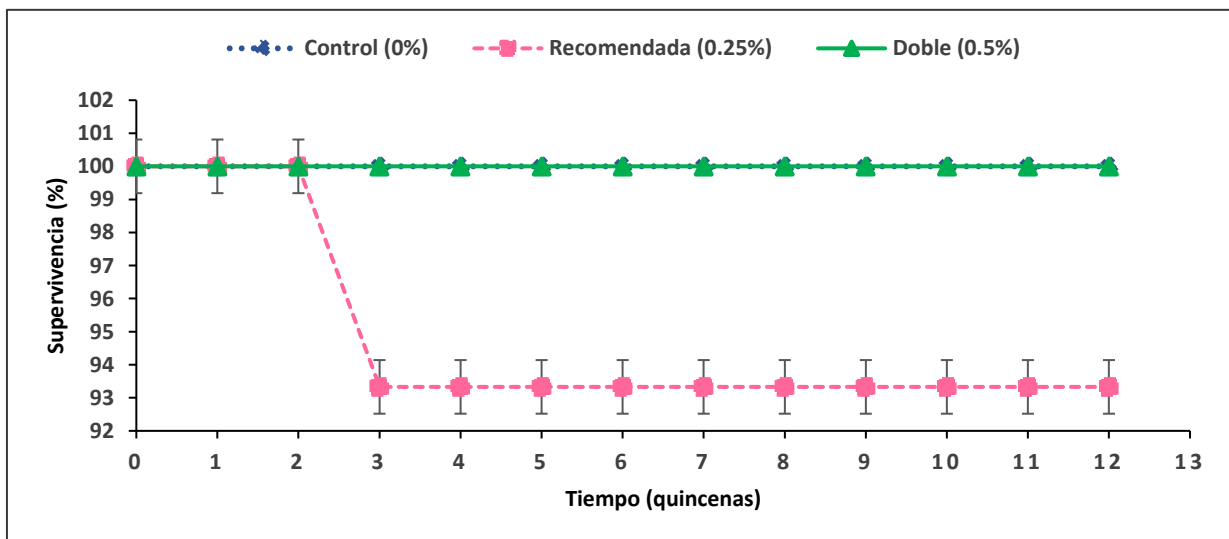


Figura 26. Valores promedio de Supervivencia (%) de juveniles de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas

Los parámetros fisicoquímicos para juveniles de *A. mexicanum* se muestra en la tabla 5 en donde se observa que la temperatura promedio en los tres tratamientos se mantuvo en un intervalo de 21.19 a 21.32 °C, en el caso del pH, se tuvieron valores de 8.25 a 8.39, y de amonio los valores fueron de 0.65- 0.70 mg/L, finalmente nitratos y nitritos se registraron valores que van desde 9.27-9.70 mg/L y 0.38 -0.70 mg/L respectivamente.

Tabla 5. Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos de juveniles de ajolote *Ambystoma mexicanum* alimentado con *Tubifex tubifex* enriquecido con herbometionina en sus tres diferentes dosis.

Parámetros fisicoquímicos	Dietas		
	Control (0%)	Recomendada (0.25%)	Doble (0.5%)
Juveniles			
Temperatura (°C)	21.32	21.19	21.20
pH	8.39	8.34	8.25
Amonio (mg/L)	0.70	0.69	0.65
Nitratos (mg/L)	9.70	9.53	9.27
Nitritos (mg/L)	0.51	0.38	0.42

6.3 Adultos

En la tabla 6 se observan los valores promedio de los parámetros productivos de los tres tratamientos con herbometionina en adultos de *A. mexicanum*, no se observan efectos significativos ($P < 0.05$), donde la dosis control (0%) registró un mayor aumento de peso siendo de $93.68 \text{ g} \pm 2.10$, biomasa de $562.80 \text{ g} \pm 84.29$, una GDP de $0.04 \text{ g/día} \pm 0.01$, TEC de $0.04 \text{ \%/día} \pm 0.02$, INCP de $6.76 \text{ g} \pm 2.69$ y INCT de $0.71 \text{ cm} \pm 1.36$. Para el caso del crecimiento en talla la LT y LC fue similar entre los tratamientos, la dosis doble (0.5%) registro un valor de $23.98 \text{ cm} \pm 1.04$ y $12.77 \text{ cm} \pm 0.36$ respectivamente. Por otra parte, el consumo alimenticio en la dosis doble registro un menor consumo de alimento siendo de $89.27 \text{ g/quincena} \pm 22.15$, en cuanto a la supervivencia en los tratamientos control (0%) y recomendada (0.25%) fue de 85.71%, mientras que la dosis doble (0.5%) fue de 82.14%.

Tabla 6. Valores promedio del crecimiento (inicial y final) y consumo alimenticio de adultos de ajolote *Ambystoma mexicanum* alimentado con *Tubifex tubifex* enriquecido con herbometionina ($P < 0.05$).

Variables	Dietas			EEM	Q	L
	Control (0%)	Recomendada (0.25%)	Doble (0.5%)			
Inicial						
<i>n</i>	28	28	28			
Peso(g)	86.92 ± 1.41	86.64 ± 0.99	87.25 ± 0.62	0.53	0.51	0.67
Biomasa (g)	608.58 ± 10.02	606.48 ± 6.92	610.78 ± 4.37	3.74	0.50	0.69
LT (cm)	23.13 ± 0.75	23.74 ± 0.47	23.66 ± 0.31	0.27	0.33	0.20
LC (cm)	11.40 ± 0.48	11.15 ± 0.11	11.16 ± 0.37	0.18	0.55	0.38
Final						
<i>n</i>	24	24	23			
Peso (g)	93.68 ± 2.10	85.75 ± 5.31	84.39 ± 4.99	2.19	0.08	0.03
Biomasa (g)	562.80 ± 84.29	512.45 ± 57.18	481.60 ± 98.97	41.00	0.29	0.41
LT (cm)	23.85 ± 0.80	23.83 ± 0.29	23.98 ± 1.04	0.39	0.77	0.96
LC (cm)	12.74 ± 0.23	12.76 ± 0.12	12.77 ± 0.36	0.13	0.90	0.92
GDP (g/día)	0.04 ± 0.01	- 0.005 ± 0.03	- 0.01 ± 0.03	0.01	0.10	0.04
TEC (%/día)	0.04 ± 0.02	- 0.01 ± 0.03	- 0.02 ± 0.03	0.01	0.07	0.05
INCP (g)	6.76 ± 2.69	- 0.89 ± 5.64	- 2.87 ± 5.18	2.34	0.07	0.05
INCT (cm)	0.71 ± 1.36	0.09 ± 0.74	0.32 ± 0.90	0.52	0.90	0.41
Consumo (g/quincena)	98.46 ± 18.04	94.63 ± 6.73	89.27 ± 22.15	8.47	0.50	0.76
S (%)	85.71	85.71	82.14	7.81	0.72	1.00

n= Número de ajolotes por tratamiento, LT= Longitud Total, LC= Longitud Hocico-Cloaca, GDP= Ganancia Diaria de Peso, TEC= Tasa Especifica de Crecimiento, INCP=Incremento en Peso, INCT=Incremento en Talla, S= Supervivencia.

En la figura 27 se muestra el peso de los adultos de *A. mexicanum* a lo largo de 12 quincenas, en donde se observa que la primera y segunda quincena hubo un ligero aumento de peso en los organismos de dosis control (0%), y en la tercera quincena tuvo una pequeña disminución, la dosis recomendada (0.25%) sobresalió con 93.79 g, mientras que a partir de la cuarta quincena hasta el fin del experimento la dosis control (0%) reportó un valor final de 93.68 g, siendo este el más alto. A sí mismo la dosis recomendada tuvo un valor final de 85.75 g y la dosis doble 84.39 g.

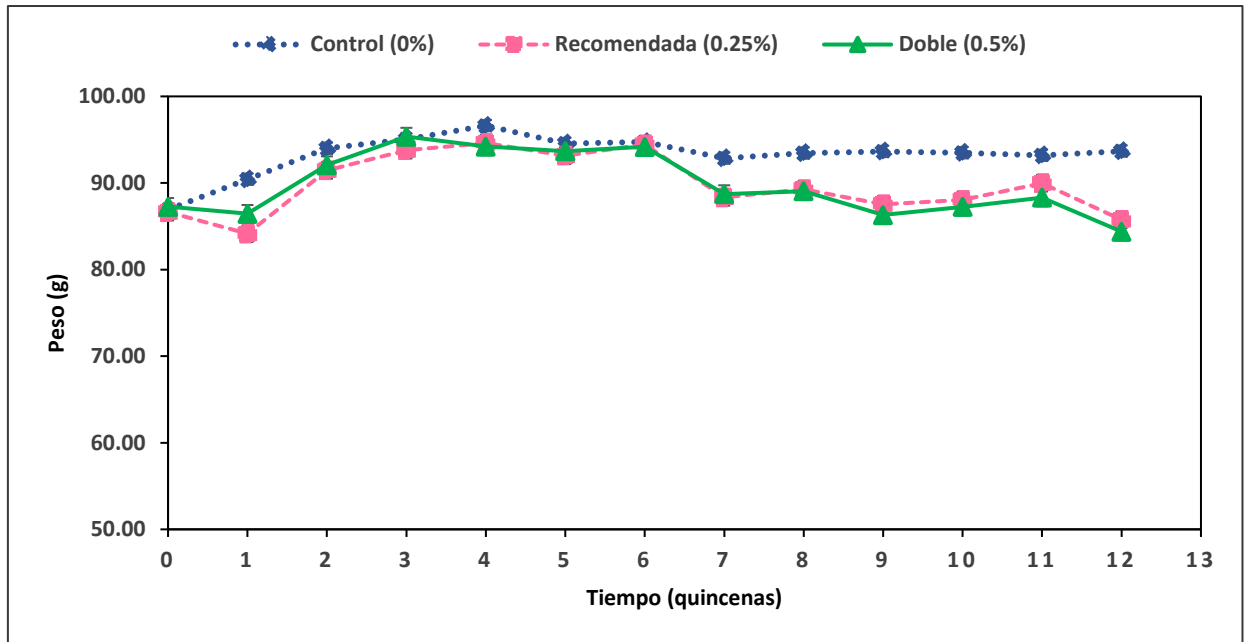


Figura 27. Valores promedio de peso (g) de adultos de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas.

Para la biomasa se observó (Fig. 28) que en las dos primeras quincenas la dosis control (0%) fue la que tuvo mejores resultados, pero en la tercera quincena la dosis doble (0.5%) fue la que resaltó con un valor de 667.50 g, mientras que la dosis control la biomasa fue de 665.38 g, por otra parte, la dosis recomendada (0.25%) registró un valor de 656.55 g. De la cuarta hasta la doceava quincena se observó un aumento constante de biomasa en la dosis control (0%) teniendo un valor final de 562.80 g, la dosis recomendada (0.25%) de 512.45 g y la dosis doble (0.5%) de 481.60 g.

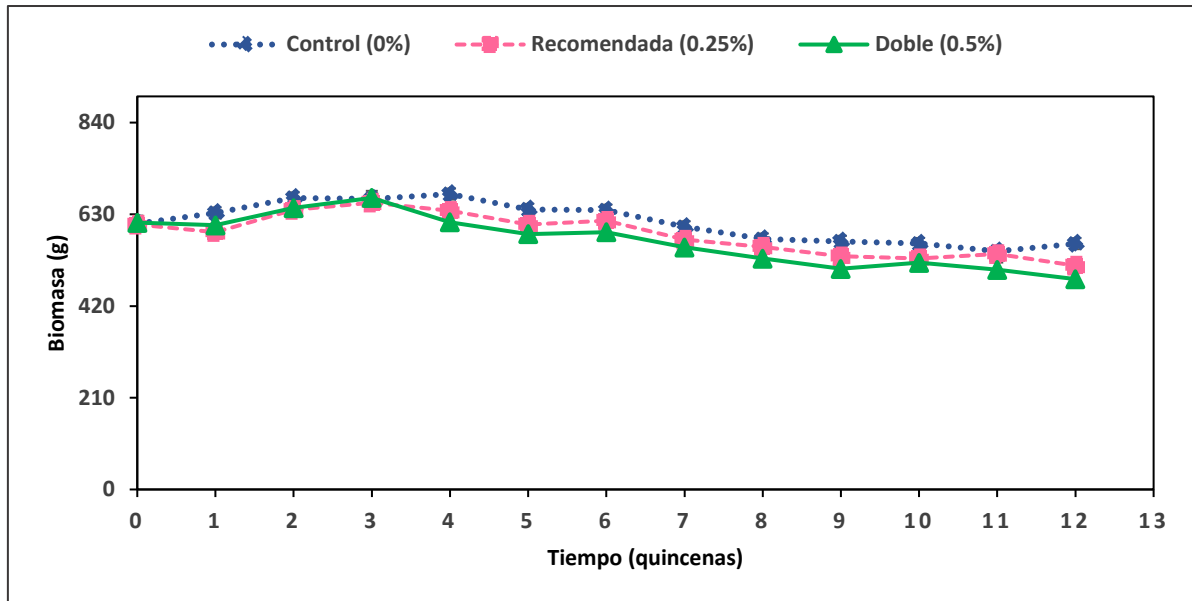


Figura 28. Valores promedio de biomasa (g) de adultos de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas.

En la figura 29 se observa la Longitud total de adultos de *A. mexicanum* en donde las dos primeras quincenas la dosis doble (0.5%) mostró los valores más altos siendo de 23.97 cm, para la tercera y cuarta quincena la dosis recomendada (0.25%) obtuvo un valor de 23.97 cm, mientras que la dosis doble (0.5%) para la tercera quincena fue de 23.74 cm manteniendo un crecimiento constante a lo largo de las quincenas; para la quinta quincena hasta la novena quincena la dosis doble (0.5%) destaca con un valor de 24.07 cm, a partir la décima quincena el crecimiento en talla de la dosis recomendada (0.25%) fue de 24.30 cm, en la onceava quincena la dosis doble registro un valor de 24.47 cm, la dosis control (0%) registró un valor de 23.85 cm, mientras que las dosis recomendada (0.25%) y doble (0.5%) registraron valores de 23.83 cm y 23.66 cm respectivamente.

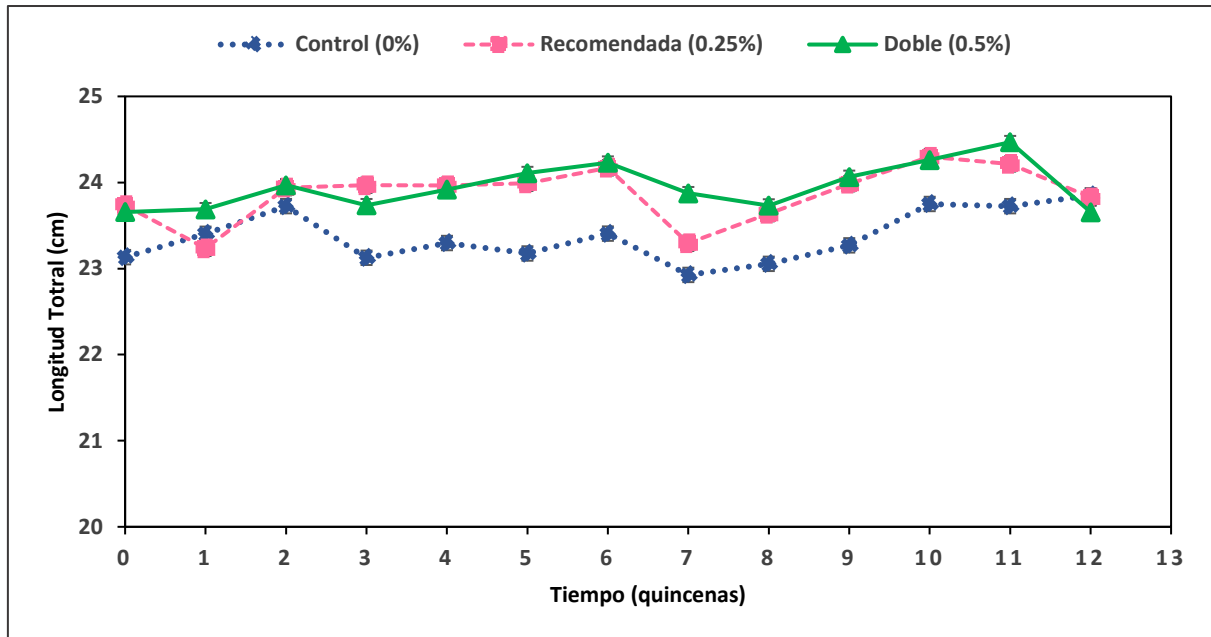


Figura 29. Valores promedio de Longitud Total (cm) de adultos de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas

Respecto a la Longitud hocico cloaca como se muestra la figura 30 se observa que, en los 180 días de experimento, en la primera quincena sobresalió la dosis control (0%) con 12.46 cm, pero en la segunda quincena la dosis doble (0.5%) obtuvo un valor de 12.60 cm, en la tercera quincena la dosis recomendada (0.25%) tuvo un valor de 11.62 cm. Para la cuarta quincena se registró un valor de 11.62 cm para la dosis control (0%), en la quinta quincena la dosis doble destaca de las demás con 11.19 cm, mientras que en la sexta quincena la dosis recomendada (0.25%) tiene un valor de 11.32 cm siendo este el valor más destacado, para las siguientes tres quincenas (séptima, octava y novena) la dosis doble (0.5%) tuvo valores de 12.56 cm, 12.59 cm y 12.87 cm respectivamente, dentro de la décima y onceava quincena la dosis control (0%) obtuvo los valores mayores, pero en la doceava quincena la dosis doble resalto de las demás teniendo un valor final de 12.77 cm, mientras las dosis control (0%) y recomendada (0.25%) obtuvieron valores de 12.74 cm y 12.76 cm.

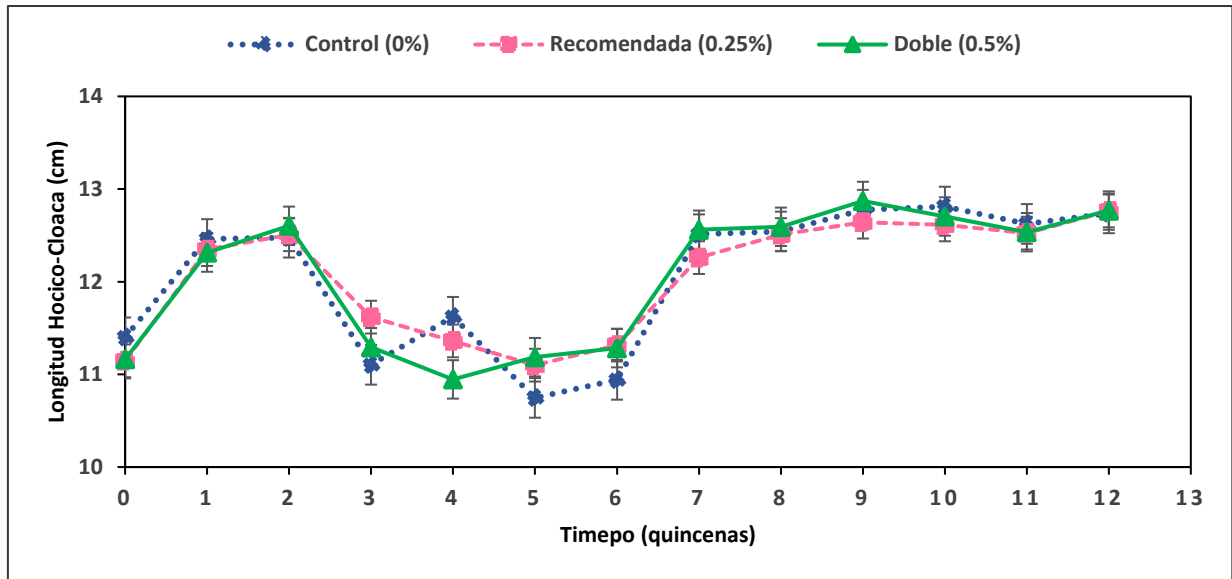


Figura 30. Valores promedio de Longitud Cloaca (cm) de adultos de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas

La GDP en adultos de *A. mexicanum* se muestra en la figura 31 donde a partir de la segunda quincena la dosis control (0%) tuvo una ganancia de peso de 0.22 g/día, mientras que la dosis recomendada (0.25%) y la dosis doble (0.5%) registraron un valor de 0.15 g/día, para la tercera quincena se registró una ganancia de peso de 0.17 g/día para las dosis control (0%), en la dosis doble (0.5%) y la dosis recomendada (0.25%) la ganancia de peso fue de 0.15 g/día. Por otra parte, a partir de la cuarta quincena y hasta el final del experimento la ganancia fue mayor en la dosis control (0%) registrando un valor de 0.04 g/día, en cuanto a la dosis doble tuvo un valor de -0.01 g/día y la dosis recomendada (0.25%) -0. /día

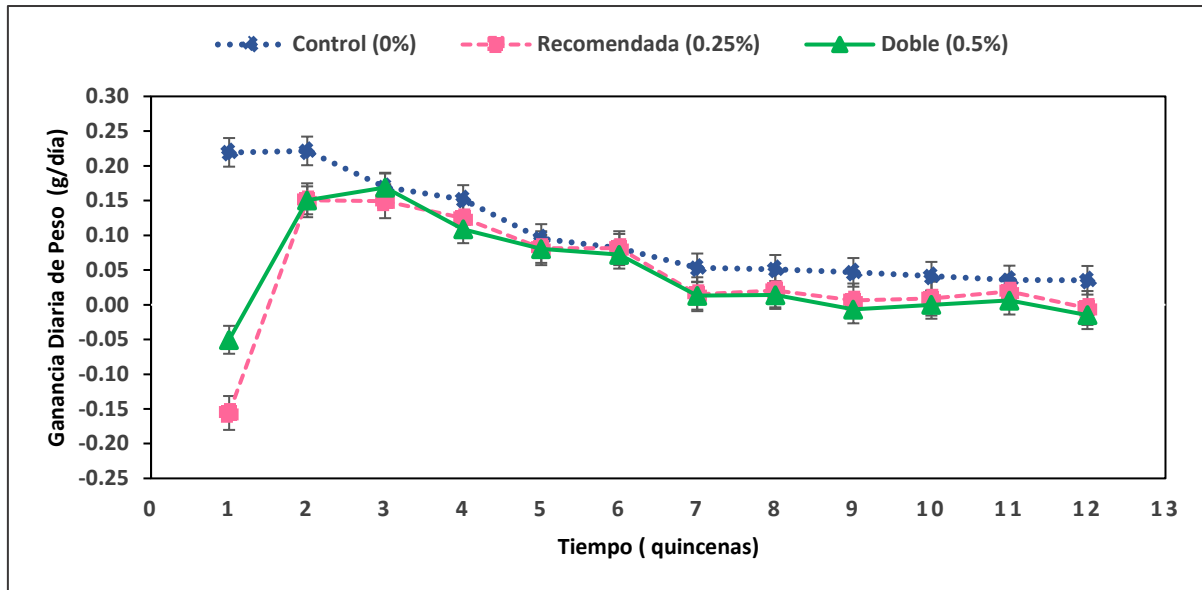


Figura 31. Valores promedio de Ganancia Diaria de Peso (g/día) de adultos de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas.

En los 180 días del experimento, la TEC se observa en la figura 32 en donde desde la primera quincena la dosis control (0%) mostró un resultado de 0.24 %/día, mientras que la dosis recomendada (0.25%) reportó un valor de -0.20 %/día y la dosis doble (0.5%) de -0.08 %/día, en donde la dosis control (0%) se mantuvo constante sobresaliendo de las demás, para la sexta quincena presentó 0.09 %/día, la dosis doble (0.5%) obtuvo un valor de 0.08 %/día, en la séptima quincena se registró una disminución, en cuanto a la dosis recomendada (0.25%) se obtuvo un valor de -0.01 %/día, para la dosis doble (0.5%) fue de -0.02 %/día.

El INCP de adultos de *A. mexicanum* (Fig. 33) en las primeras cinco quincenas la dosis control (0%) reportó un valor de 7.63 g, mientras que la dosis recomendada (0.25%) obtuvo un valor de 7.82 g sobresaliendo de los demás tratamientos, por otra parte la dosis doble (0.5%) fue de 6.93 g siendo la más baja, de la séptima hasta el final del experimento la dosis control (0%) registró un incremento en su peso teniendo un valor final de 6.76 g, en cuanto a la dosis recomendada (0.25%) y doble (0.5%) tuvieron -0.89 g y -2.87 g respectivamente.

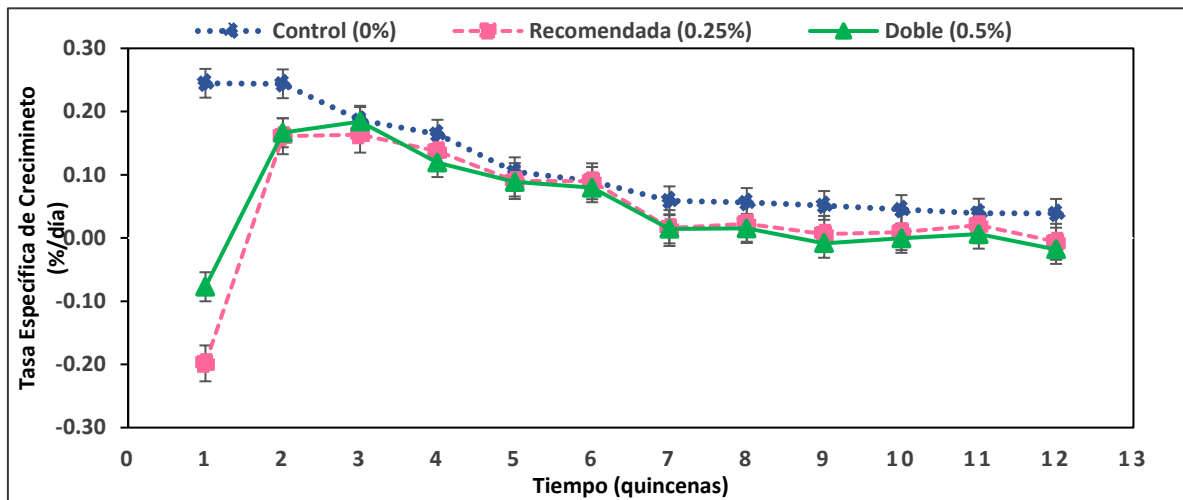


Figura 32. Valores promedio de la Tasa Específica de Crecimiento (%/día) de adultos de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas.

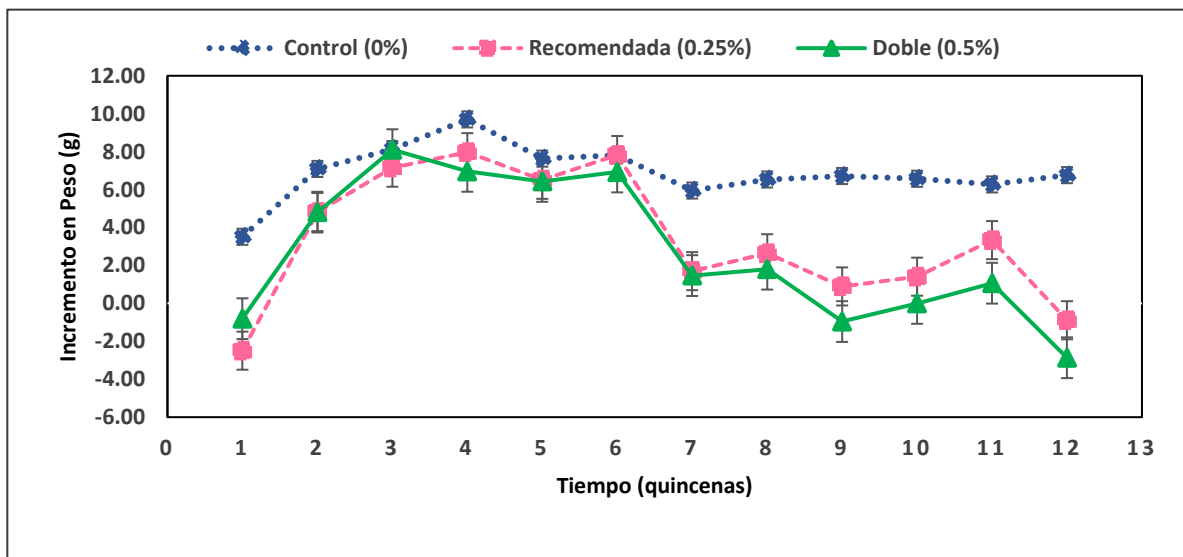


Figura 33. Valores promedio del Incremento en Peso (g) de adultos de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas

El INCT de adultos de *A. mexicanum* (Fig. 34) se muestra que en las primeras dos quincenas la dosis control (0%) sobresalió de las demás, ya que en la tercera quincena disminuyó drásticamente a -0.01 cm, la dosis recomendada (0.25%) y la dosis doble (0.5%) registraron 0.23 cm y 0.08 cm respectivamente, en la séptima quincena nuevamente se observó un decremento en donde la dosis control (0%)

registró un valor de -0.21 cm y la dosis recomendada (0.25%) un valor de -0.44 cm, mientras que la doble (0.5%) fue de 0.22 cm, a partir de la novena quincena la dosis control (0%) muestra mejores resultados en cuanto al incrementó en talla superando a las demás dosis, teniendo un valor de 0.72 cm, en cuanto a la dosis recomendada (0.25%) y doble(0.5%) obtuvieron valores finales de 0.09 cm y 0.32 cm respectivamente

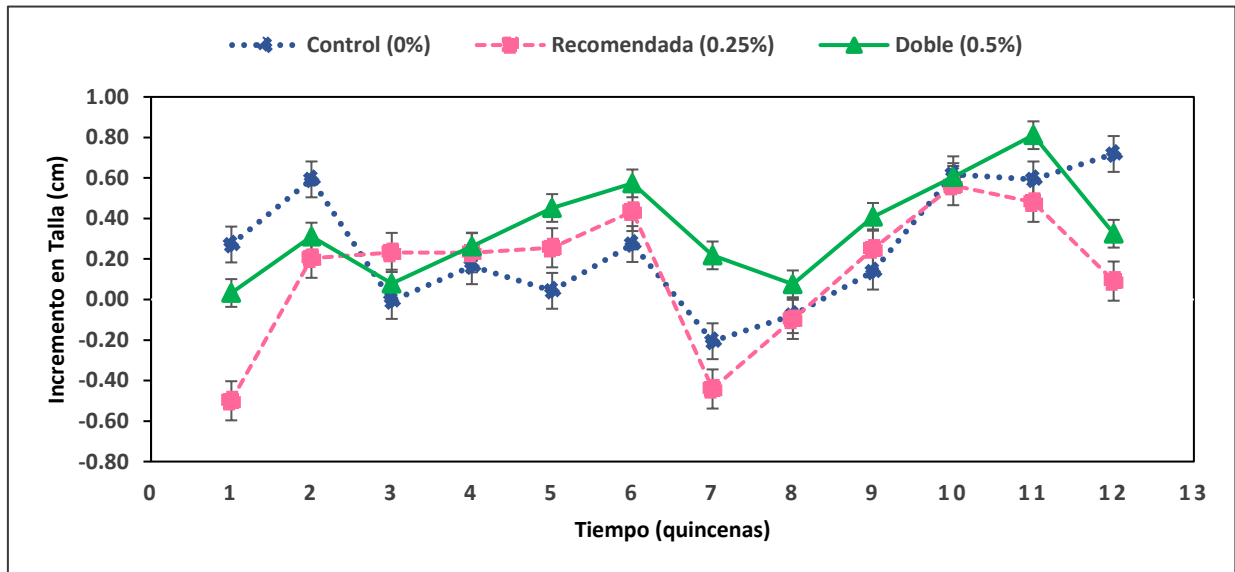


Figura 34. Valores promedio de INCT (cm) de adultos de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas.

En el consumo alimenticio en adultos de *A. mexicanum* (Fig. 35) se observa que durante la segunda y tercera quincena la dosis recomendada (0.25%) tuvo un mayor consumo de alimento, pero a partir de la cuarta y quinta quincena la dosis doble (0.5%) el consumo fue mayor, para la sexta quincena se obtuvo un valor en la dosis recomendada (0.25%) y doble (0.5%) de 78.53 g/quincena de alimento consumido a la quincena, mientras que la dosis control tuvo un valor de 99.01 g/quincena siendo este mayor a los demás tratamientos, para las próximas tres quincenas (séptima, octava y novena) la dosis recomendada el consumo aumento, pero para las tres últimas quincenas (décima, onceava y doceava) la dosis doble

(0.5%) reportó un valor de 89.27 g/quincena, la dosis control (0%) registro un valor de 98.46 g/quincena y la dosis recomendada (0.25%) de 94.63 g/quincena.

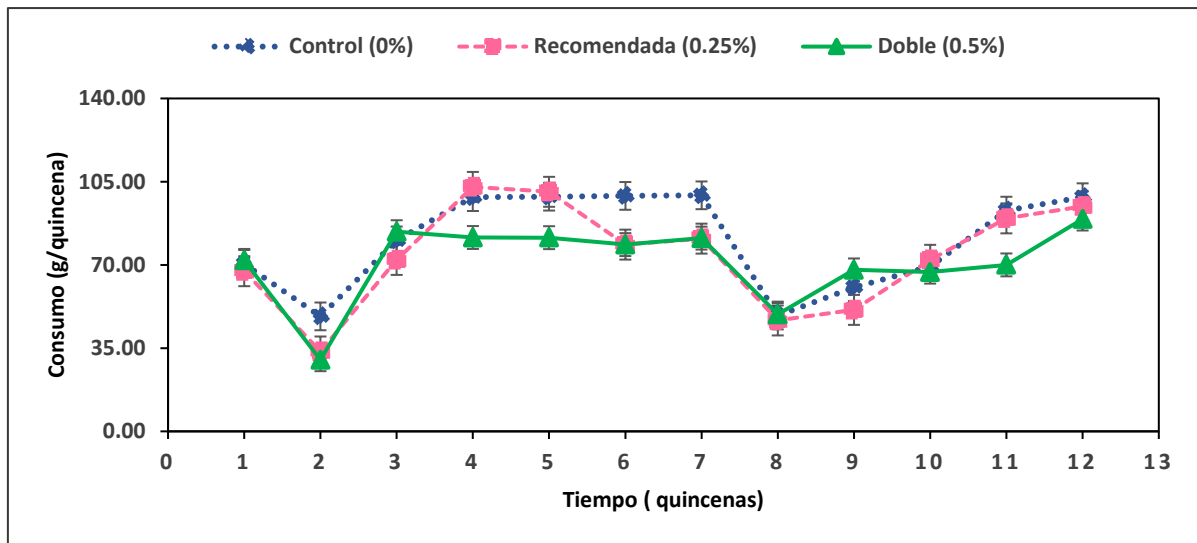


Figura 35. Valores promedio del Consumo de Alimento (g/ quincena) de adultos de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas.

En cuanto a la supervivencia en la dosis recomendada (0.25%) y doble (0.5%) disminuyó a partir de la cuarta quincena registrando un valor de 96.43% y 92.86% respectivamente, esta mortalidad siguió en aumento en la quinta quincena en estas mismas dosis siendo de 92.86% para la dosis recomendada (0.25%) y para la dosis doble (0.5%) fue de 89.29%, por otra parte en la dosis control (0%) la supervivencia fue del 96.43%, para la última quincena esta supervivencia sigue disminuyendo para la dosis doble (0.5%) reportando un valor final de 82.14% mientras que las dosis control (0%) y recomendada (0.25%) fue del 85.71% (Fig. 36).

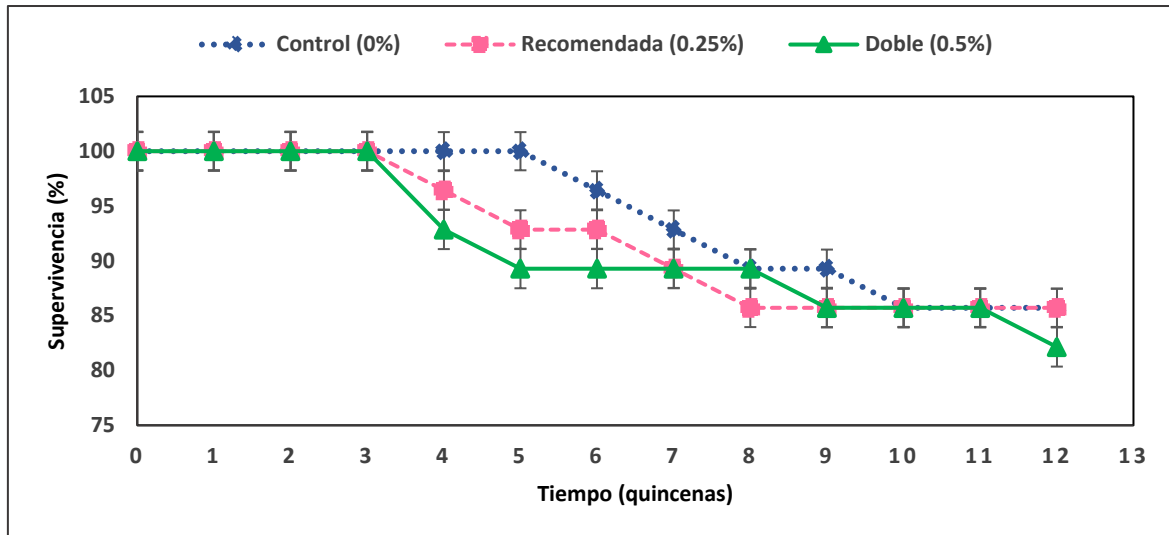


Figura 36. Valores promedio de Supervivencia (%) de adultos de *A. mexicanum* en tres tratamientos con diferente dosis de herbometionina en quincenas

Los parámetros fisicoquímicos para el caso de adultos de *A. mexicanum* evaluados se muestra en la tabla 6, en donde se observa que la temperatura se mantuvo en un rango de 20.17 a 20.58 °C, en el caso del pH el rango fue de 8.38 a 8.68, para el amonio se registraron valores de 0.46 al 0.60 mg/L, finalmente se obtuvieron valores desde los 7.43 a los 8.96 mg/L para el caso de los nitratos, y para los nitritos de los 0.35 a los 0.38 mg/L.

Tabla 7. Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos de adultos de ajolote *Ambystoma mexicanum* alimentado con *Tubifex tubifex* enriquecido con herbometionina en sus tres diferentes dosis.

Parámetros Fisicoquímicos	Dietas		
	Control (0%)	Recomendada (0.25%)	Doble (0.5%)
Adultos			
Temperatura (°C)	20.58	20.29	20.17
pH	8.68	8.45	8.38
Amonio (mg/L)	0.60	0.52	0.46
Nitratos (mg/L)	8.96	7.43	8.63
Nitritos (mg/L)	0.35	0.36	0.38

7 DISCUSIÓN

La alimentación y nutrición de las especies acuáticas es un aspecto fundamental para el manejo, bienestar, desarrollo y adaptación en cautiverio y se ha convertido en una de las áreas de investigación de gran importancia en la acuicultura, ya que al ser mal alimentados son susceptibles a enfermedades y son menos tolerantes a las variaciones de los factores fisicoquímicos (Mena y Servín, 2014). Así mismo el ofrecer un solo tipo de alimento no aporta los nutrientes necesarios como son proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales que son indispensables para el desarrollo, debido a esto el crecimiento, reproducción y sobrevivencia se ve limitado (Negrete *et al.* 2010). Sin embargo, poco se conoce sobre los requerimientos nutricionales de las especies acuáticas en específico del grupo de anfibios (Hadfield *et al.* 2006) como lo es el ajolote *Ambystoma mexicanum*, quienes son considerados carnívoros estrictos y en cautiverio dependiendo de su etapa de desarrollo son alimentados con diferentes presas vivas (Molina, 2010). El alimento vivo mayormente utilizado para su alimentación es el gusano de fango *Tubifex tubifex*, debido a que cuenta con características que el alimento balanceado no posee como lo es el color, tamaño adecuado, cuerpo blando, movimiento que estimula a que sea atrapado por el depredador y su fácil acceso (Luna-Figueroa *et al.* 2010; Negrete *et al.* 2010).

Debido a lo anterior enriquecer el alimento vivo es una estrategia para incrementar la calidad nutricional del alimento y por ende mejorar el bienestar y la salud de los organismos, además enriquecer el alimento disminuye los costos por alimentación, debido a que se obtiene un mejor rendimiento productivo y una disminución en el consumo de alimento (Carrillo *et al.* 2000). Existe una gran variedad de suplementos nutricionales que adicionados al alimento mejoran los parámetros productivos de las especies, entre los cuales se encuentran los potencializadores de la digestión y los estabilizadores de la flora intestinal como; prebióticos, probióticos, vitaminas, minerales, aminoácidos, y suplementos de origen herbal (Marzo y Perez, 2006; Ravindran, 2010).

En específico los suplementos herbales son una mezcla de una o más plantas medicinales completas o partes de ellas como hojas y tallos (Paoella, 2020), que mantienen sus compuestos naturales tales como metabolitos secundarios que incluye alcaloides, flavonoides, saponinas, terpenoides y compuestos fenólicos que han mostrado efectos benéficos en los parámetros de crecimiento (Akande *et al.* 2010; Borkar *et al.* 2014). El uso de estos suplementos de origen herbal han tomado gran importancia (Parasuraman *et al.* 2014) y se utilizan en formulación de dietas de aves, cerdos, rumiantes y organismos acuáticos, esto debido a sus compuestos activos que mejoran el crecimiento, comportamiento productivo, sistema inmune, y microbiota intestinal, además se reducen los costos por alimentación (Carro y Ranilla, 2002; Kim *et al.* 2015; Paoella, 2020; Pulido, 2018 y Rampe *et al.* 2014).

En esta investigación la adición al alimento de un suplemento de origen herbal como lo es la herbometionina en crías de *A. mexicanum*, se observó un efecto positivo en la dosis doble (0.5%), registrando un peso final de $44.74 \text{ g} \pm 2.51$, así como una TEC de $1.24\%/día \pm 0.09$, y un consumo de alimento menor comparado con el tratamiento control, estos resultados fueron similares a lo reportado por Hamid *et al.* (2017) ya que mencionan que en crías de bagre africano con 2.06% y 8.11% de metionina y lisina es suficiente para cumplir con las necesidades nutricionales y tener una ganancia de peso mayor ($1676 \pm 13,60\%$), así como una tasa de crecimiento específica ($3,20 \pm 0,01\% / día$), logrando también una mejor digestibilidad de la metionina y la lisina, disminuyendo el consumo de alimento, como lo fue en esta investigación ya que los organismo que recibieron la dosis de herbometionina su consumo de alimento disminuyo y su crecimiento fue notable, mientras que el tratamiento control el crecimiento fue menor y el consumo de alimento fue mayor. Novoa y Castillo (1998) ; Preciado, (2010) y Li *et al.* (2021) mencionan que la suplementación con aminoácidos limitantes como metionina, triptófano y lisina adicionados a la dieta resulta ser beneficiosa, esto debido a que están involucrados en la regulación de algunas rutas metabólicas, así mismo se ha observado un efecto positivo en las tasas de crecimiento, conversión alimenticia, regulación de apetito, síntesis de proteínas y reproducción, por otra parte, mejoran el sistema inmune, ya que contiene azufre con la cadena lateral $-CH_2 CH_2 SCH_3$,

que se requiere para el crecimiento normal de varias especies acuáticas, la fuente más común de metionina usada en dietas acuícolas es DL-Met, la cual se produce por síntesis química a partir de acroleína, mercaptano y cloruro de hidrógeno, por lo que se han formulado otras fuentes de metionina de origen herbal que brinden los mismo beneficios y se han más empáticos con el ambiente.

Para el caso de juveniles de *A. mexicanum*, se registró que la dosis doble (0.5%) de herbometionina obtuvo mejores resultados registrando un peso final de 79.63 g \pm 2.51, biomasa de 381.40 g \pm 19.62, INCP de 21.07 g \pm 3.13 y un menor consumo de alimento, lo que indica que la adición de metionina a la dieta fue beneficiosa, actualmente se reportan diversos estudios sobre la adición de metionina a la dieta en diferentes organismos acuáticos, la cual les ha ayudado a promover la síntesis de proteínas, mejorando el crecimiento, ya que actúa como fuente de azufre en algunas reacciones y a consecuencia de esto afecta la actividad de enzimas, también posee un papel importante en la metilación. Por otra parte, también influye en el equilibrio de la microflora intestinal promoviendo el crecimiento de bacterias beneficiosas y disminuyendo el crecimiento de las bacterias dañinas (Li *et al.*; 2021; Preciado, 2010). Los resultados obtenidos en la etapa juvenil son similares al experimento realizado con alevines cabeza de serpiente cuyo experimento fue llevado a cabo por Hien *et al.* (2018) quienes mencionan que los requerimientos óptimos de metionina para esta especie de pez son de 11,9 g de dieta kg⁻¹ (28,4 g kg⁻¹ de proteína), ya que con ella se obtiene una mayor ganancia de peso, así como un aumento en la tasa de crecimiento y la conversión alimenticia se mejoró significativamente (P<0,05). Por otra parte en el caso de juveniles de la carpa de hierba al suplementar con metionina y lisina el alimento de pescado tuvo un efecto significativo en el aumento de peso, retención de proteínas, mientras que una dieta aplicada a juveniles de tilapia del Nilo se observó que durante el experimento hubo un aumento de peso y en la tasa de crecimiento específico al aumentar la concentración de metionina en la dieta por lo que el adicionar metionina a la dieta mejoran el crecimiento de los organismo (He *et al.* 2016, Yang *et al.* 2010). Preciado, (2010) menciona que la metionina al mezclarse con lisina ayuda en la regulación y transporte de lípidos en la membrana mitocondrial, así mismos

aminoácidos como la fenilalanina y la tirosina agregados como suplementos en la alimentación han ayudado a especies como el lenguado japonés y el pez gato en la modulación del estrés, influencia en la metamorfosis y pigmentación (Façanha, 2017; Hadinia, 2014 y Tang *et al.* 2009).

Por otra parte, en un estudio realizado en el camarón blanco del pacífico, al que se le aplicó una dieta mezclada con metionina y cisteína (1,28 por ciento Met + Cys) con 0.81% de metionina dietética, se observó que no estimuló el peso corporal final de camarón y así mismo no se detectaron efectos adversos para esta especie (Façanha, 2017), Luna-Figueroa *et al.* (2010) mencionan que un aspecto por considerar es que el crecimiento de los organismos dependerá principalmente del consumo, la disponibilidad, calidad y el enriquecimiento del alimento vivo que se ofrezca. Lo antes mencionado fue similar a lo observado en el experimento de la etapa adulta de *A. mexicanum* ya que las dosis de metionina no mejoraron los parámetros productivos de la especie ya que su crecimiento fue menor al del grupo control y el consumo de alimento fue mayor en todos los tratamientos.

En otro experimento realizado por Zhou *et al.* (2018) en la tortuga china de caparazón blando hace referencia que al ser alimentadas con una dieta suplementada con 0.1% de DL-Met agregado a 43% de proteína y 23% de Harina de pescado el crecimiento es mejor, mientras que en renacuajos de rana toro se menciona que no es necesario suplementar con niveles superiores a 0,47% de metionina total. Li *et al.* (2021) determinó que la dieta óptima de metionina sintética para pepinos de mar de la especie *Apostichopus japonicus* es de 0,58 % a 0,72 % a la dieta (2,77 % a 3,42 % de proteína dietética) ya que con estas cantidades se puede tener un buen crecimiento y una mayor supervivencia.

La metionina además de ser utilizada para enriquecer el alimento de las especies acuáticas también es utilizado en animales de granja, tal es el caso de las vacas en donde Vázquez, 2020 y Rodríguez, 2019 mencionan que la metionina es el primer aminoácido esencial en la producción de leche y un aumento de este en la dieta ayuda a proteger el hígado al reducir la movilización de proteína de los tejidos de las vacas lecheras en las primeras etapas de lactación, también participa como donador de grupos metilos para la producción de fosfatidilcolina. Rana, 2020

menciona que en pollos una dieta con metionina al 100% herbal mejora el rendimiento tanto en el crecimiento como en el aumento de peso corporal y obteniendo así mismo un mejor retorno económico con este suplemento, mientras que Oñate, 2016 demostró que en sus tratamientos con metionina (100% de metionina herbal) fue más eficiente en cuanto a la conversión alimenticia (1,63; $\pm 0,03$) demostrando que la metionina herbal puede sustituir la DL-metionina en forma total o parcial.

De acuerdo con Shakya, 2017 hace referencia que la adición de suplementos de origen herbal a la dieta en organismos acuáticos reduce costos de alimentación, además de que se reporta un incremento de peso y una mejora en su sistema inmune y por ende una mayor porcentaje de supervivencia en aquellos organismos que reciben la dosis de suplemento herbal, como se observó en este trabajo ya que en los tratamientos con herbometionina la supervivencia fue mayor, por lo que el adicionar herbometionina al alimento vivió *Tubifex tubifex* es una alternativa viable para el mantenimiento, alimentación y así como para reducir los costos por alimentación del ajolote *Ambystoma mexicanum* en condiciones de cautiverio, con respecto a esto Mena y Servín, 2014 mencionan que un mal manejo de los organismos, la mala calidad del agua, una mala alimentación, el estado del alimento, estrés y enfermedades, son los principales factores que influyen en la supervivencia del ajolote, por lo que es necesario buscar alternativas que mejoren sus condiciones de vida en cautiverio, como lo es la formulación de un alimento adecuado que les brinden los requerimientos nutricionales necesarios para su desarrollo y adaptación en cautiverio. Con respecto a los parámetros fisicoquímicos para las tres etapas de desarrollo del ajolote, los valores se encontraron dentro de los rangos óptimos reportados por Mena y Servín, 2014 para la supervivencia y mantenimiento en cautiverio de la especie *Ambystoma mexicanum*.

8 CONCLUSION

La adición de herbometionina a la dieta basal del ajolote *Ambystoma mexicanum* mostró un efecto positivo en los parámetros de crecimiento tanto en crías como en juveniles, mientras que para los adultos no se observaron efectos significativos en las variables productivas, lo que se podría inferir que el aminoácido ya no es necesario en la fase adulta. Por otro lado, se puede esperar que, en el futuro, haya nuevas investigaciones y resultados más precisos sobre el uso de los aminoácidos limitantes como la metionina adicionados al alimento vivo *Tubifex tubifex*, con el fin de abrir una ventana de conocimiento en la que se pueda implementar y conocer su respuesta en anfibios como el ajolote, ya que la información es nula y así comprender las necesidades nutricionales de la especie, ya que una dieta adecuada proporcionara una mayor supervivencia y un mejor crecimiento. Por otra parte, el uso de suplementos de origen herbal como lo es la herbometionina resulta ser una alternativa viable para su adición a la dieta, ya que además de mejorar los parámetros productivos del ajolote hay una disminución en cuanto costos por alimentación, lo que resulta favorable para su mantenimiento en cautiverio.

10 REFERENCIAS

- Aguilar-López, J.L., López-Sánchez, J. y Villar-Salazar, C. (2013). Axolotl, letra por letra. El color de la ciencia. 78-83 pp.
- Aguilar-Miguel, X. (2005). *Ambystoma mexicanum*. Algunas especies de anfibios y reptiles contenidos en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-059-ECOL-2000. Facultad de Ciencias, Centro de Investigación en Recursos Bióticos, Universidad Autónoma del Estado de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W035. México. D.F.
- Akande, K. E., Doma, U. D., Agu, H. O., y Adamu, H. M. (2010). Major antinutrients found in plant protein sources: their effect on nutrition. Pakistan journal of nutrition, 9(8), 827-832.
- Arce, E. y J. Luna. (2003). Efecto de dietas con diferente contenido proteico en la tasa de crecimiento de crías de bagre de las balsas, *Ictalurus balsanus (ictaluridae)* en condiciones de cautiverio. Aquatic (18): 39-47.
- Badillo., Luz., O. (2015). Axólotl Monstruo Acuático. Revista ¿cómo ves? Núm. 195, Universidad Autónoma de México.
- Bordzilovskaya, N.P., T.A. Dettlaff, Susan T. Duhon, y George M. Malacinski. 1989. Developmental-stage series of axolotl embryos. In Developmental Biology of the Axolotl edited by J.B. Armstrong and G.M. Malacinski. Oxford University Press, New York, pp. 201-219.
- Borkar, S.B.; S.H. Rathod; K.M. Kulkarni y Tantarapale, V.T. (2014). Impact of Shatavari and Ashwagandha on average body weight of freshwater fish *Channa punctatus*. Journal of Global Biosciences, 3(2), 582-585 pp.
- Casas, A.G., Cruz, A.R. y Aguilar, M.X. (2003). Un regalo poco conocido de México al mundo: el ajolote o axolotl (*Ambystoma*: Caudata: Amphibia). Con algunas notas sobre la crítica situación de sus poblaciones. CIENCIA ergo sum 10(3). 304-308 pp.

- Carrillo, O., Vega-Villasante, F., Nolasco, H., y Gallardo, N. (2000). Aditivos alimentarios como estimuladores del crecimiento de camarón. *Avances en Nutrición Acuicola*.
- Chattopadhyay, K., M.K. Mondal y B. Roy. (2006). Comparative Efficacy of DL-Methionine and Herbal Methionine on Performance of Broiler Chicken. *International Journal of Poultry Science*, 5(11), 1034-1039.
- Carrillo, O., Vega-Villasante, F., Nolasco, H., y Gallardo, N. (2000). Aditivos alimentarios como estimuladores del crecimiento de camarón. *Avances en Nutrición Acuicola*.
- Carro, M. D., y Ranilla, M. J. (2002). In vitro digestibility of forages as influenced by source of inoculum (sheep rumen versus Rusitec fermenters) and diet of the donor sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 97(1-2), 41-51.
- CITES. 2007. Convención Sobre el COMERCIO Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Vigésimo segunda reunión del Comité de Fauna. Lima, Perú, 7-13 de julio
- CONABIO. (2011). Fichas de especies prioritarias. Ajolote Mexicano (*Ambystoma mexicanum*) Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México D.F.
- Façanha, F. N. F, Adhemar, R., Oliveira-Neto, Figueiredo-Silva, C., Nunes, J.P (2017). *Efecto de la metionina en la dieta de juveniles de camarón blanco del pacífico. global sea food*.
- Flores, A. (2021). Programas de conservación de *Ambystoma mexicanum* en el Lago de Xochimilco. Departamento de Zoología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. 15 p.
- Flores-Villela, O. (1993). Riqueza de los anfibios y reptiles. *Ciencias*. 7: 33-42.

- García, A. C. (2016). *Etapas de crecimiento del axolote*. ilustraciencia. Recuperado de: <http://www.blog.ilustraciencia.info/2016/03/etapas-de-crecimiento-del-axolote-ana.html> (Consultado 19 de noviembre de 2020)
- Hadinia, S., Shivazad, M., Moravej, H., Alahyari-Shahrasb, M. y Nabi, MM (2014). Bio-efficacy comparison of herbal-methionine and DL-methionine based on performance and blood parameters of broiler chickens. En *Veterinary Research Forum: an International Quarterly Journal* (Vol. 5, No. 2, p. 81). Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de Urmia, Urmia, Irán.
- Hamid, S. N. I. N., Abdullah, M. F., Zakaria, Z., Jamilah, S., Yusof, H. M. y Abdullah, R. (2017). *The effects of protein-bound methionine and lysine on the growth rate, feed utilization and digestibility for African catfish (Clarias gariepinus) fingerlings*. *Journal of Advanced Research in Materials Science*, 8-19.
- He, J.Y., Tian, L.X., Lemma, A., Figueiredo-silva, C., Gao, W., Yang, H.J., Han, B., Zeng, S.L. y Liu, Y.J., (2016). The effect of dietary methionine concentrations on growth performance of juvenile Nilo tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets with two different digestible energy levels.
- Hien, T.T., Duyen, N.T., Tú, T.L., Khánh, N.V., y Phu, T.M. (2018). Dietary methionine and lysine requirement of snakehead (*Channa striata*) fingerlings *Revista Internacional de Publicaciones Científicas y de Investigación (IJSRP)* IJSRP, Volumen 8, Número 8.
- Hualli, V., y Fernando, P. (2016). Evaluación de diferentes niveles de Metionina orgánica en la alimentación de pollos broilers línea Cobb 500 (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Kim, C., Kim, J., Paik, I., y Kang, H., (2015). Effects of Increasing Supplementation of *Lycii fructus* and *Glycyrrhiza uralensis* Mixture in Diets on Growth

- Performance, Blood Parameter, Immune Response and Intestinal Microflora in Broilers. *Korean Journal of Poultry Science*, 42(2), 139-145
- Khargarot, B S. (1991) Toxicity of metals to a freshwater tubificid worm *Tubifex tubifex* (Muller). *Boletín de Contaminación Ambiental y Toxicología*, 46(6), 906–912.
- Li, B. S., Han, X. J., Wang, J. Y., Song, Z. D., Sun, Y. Z., Wang, S. X., y Huang, B. S. (2021). Optimal dietary methionine requirement for juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus selenka*. *Aquaculture Research*, 52(4), 1348-1358.
- Luna-Figueroa J. y Figueroa-Torres J. 2007. Gusano de fango *Tubifex spp*. Una Alternativa de riesgo en la alimentacion de peces. *Especies* (107): 32-34.
- Marzo I., & Pere C B. (2006). Nuevas estrategias en la alimentación del conejo: aditivos y alternativas al uso de antibióticos. Escuela Superior de Agricultura de Barcelona. UPC. Revista española Cabaña. Barcelona, España. <https://www.engormix.com/cunicultura/articulos/nuevas-estrategias-alimentacion-conejo-t26092.htm>. Consultado el 15 de julio de 2022
- Mena, G. H y Servín, Z. E. (2014). Manual básico para el cuidado en cautiverio del axolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*). Instituto de Biología. UNAM. 37 pp.
- Molina, V. A. (2010). El ajolote de Xochimilco. *Revista de cultura científica*. 98: 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.
- Negrete, R.P., J.J. Romero, S.G. Cruz, E.L. Guzmán. 2010. *Oedogonium capillare* (Linnaeus) (Kuetzing, 1845) como estrategia para purificar alimento vivo *Tubifex tubifex* (Müller, 1974) para peces. *Vet. Méx.* 41 (3): 201-210.

- Novoa, M. A. O., y Castillo, L. O. (1998). Potencialidad del uso de las leguminosas como fuente proteica en alimentos para peces. *Avances en Nutrición Acuicola*.
- Oñate M., F. J. (2014). Metionina orgánica en reemplazo a la DL-Metionina en pollos (Master's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Oñate M., F., Larrea I., C., y Paredes O., M. (2016). Efecto de la metionina herbal sobre el rendimiento productivo en pollos parrilleros. *Revista ESPAMCIENCIA ISSN 1390-8103*, 7(1), 37-41. Recuperado a partir de
- Paolella, C.M. (2020). Aditivos herbales: un cambio de paradigma basado en la ciencia. *Boletín de la Red Alimentaria*. Nuproxia Argentina S.A. Disponible en: https://www.redalimentaria.com/blog/aditivos-herbales-un-cambio-de-paradigma-basado-en-la-ciencia_7284
- Parra-Olea, G, O. Flores-Villela, y C. Mendoza-Almeralla. (2014). Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85: 460-466.
- Preciado I., K. Y. (2010). *Sustitución de harina de pescado por concentrado de proteína de soya y complementación de DL-metionina en dietas para pargo lunarejo, Lutjanus guttatus (Steindachner, 1869), y su efecto sobre el crecimiento y utilización del alimento* [Tesis de maestría en ciencias, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.]
- Pulido H., S. (2018). Efecto de la adición de fórmula polih herbal sobre respuesta productiva, calidad y oxidación lipídica de carne de conejo. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Universitario UAEM Amecameca. Amecameca, Estado de México. México.
- Rampe, M. C. C., Pacheco, M. L., Vargas Júnior, J. G., Giannotti, J. D. G., Demuner, L. F., y Marin, J. F. V. (2014). Adição de lisina digestível em rações experimentais para juvenis de tilápia-do-nilo. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 66(5), 1557-1566.

- Rana, P., Tewatia, B. S., Jyotsana, R. K., y Panwar, V. S. (2020). Effect of herbal methionine supplementation on growth performance and economics of broiler chicken., *Journal of Entomology and Zoology Studies* 2020; 8(6): 2076-2081
- Ravindran, V., (2010). Aditivos en alimentación animal: Presente y Futuro. XXVI. Curso de especialización FEDNA. Madrid, España 4 y 5 de Nov. 2010.
- Rodríguez Ferretiz, F. (2019). Efecto de la metionina y colina protegidas en la producción y calidad de leche en vacas holstein.
- Sánchez M. D. 2017. Dimorfismo sexual en *Ambystoma rivulare* (Caudata: Ambystomatidae) (Tesis de Licenciatura). Facultad de Ciencias, UNAM. 43 pp.
- Sánchez L., N. (2018). Evaluación y desarrollo de bloques minerales y multinutricionales para ovinos (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco
- Schindeldecker, M., y Moosmann, B. (2015). Protein-borne methionine residues as structural antioxidants in mitochondria. *Amino acids*, 47(7), 1421-1432
- SEMARNAT. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación (DOF).
- SEMARNAT. (2018). Programa de Acción para la Conservación de las Especies *Ambystoma* spp, SEMARNAT/CONANP, México (Año de edición 2018) 38-39.
- Servín, Z. E. (2011). *Manual de mantenimiento en cautiverio y medicina veterinaria aplicada al ajolote de Xochimilco (Ambystoma mexicanum) en el Zoológico de Chapultepec* (Tesis de Licenciatura). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. Recuperado de

- <https://repositorio.unam.mx/contenidos/132110> (Consultado 18 de Noviembre de 2020)
- Shakya, S. (2017). Effect of Herbs and Herbal Products Feed Supplements on Growth in Fishes: A Review. *Nepal Journal of Biotechnology*, 5(1), 58-63 pp.
- Tang, L., Wang, G. X., Jiang, J., Feng, L., Yang, L., Li, S. H., y Zhou, X. Q. (2009). Effect of methionine on intestinal enzymes activities, microflora and humoral immune of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). *Aquaculture nutrition*, 15(5), 477-483.
- UAM, 2010. Rescate ecológico: Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuemanco. Boletín informativo.
- UNAM. 2018. El ajolote en peligro de extinción. Infografía informativa.
- Vázquez, M. F. (2020). La metionina, un aminoácido básico en la nutrición. *MG Mundo ganadero*, 31(293), 18-20.
- Virtanen E. y Rumsey G. (1996). Betaine supplementation can optimize use of methionine, choline in diets. *Feedstuffs* (68).
- Wootton, R. F. (1991). *Ecology of Teleost Fishes, Fish and Fisheries*. University College of Wales, Aberystwyth, New York. 404pp.
- Yang, H., Liu, Y., Tian, L., Liang, G., y Lin, H.R. (2010). *Efectos de la lisina suplementaria y la metionina sobre el rendimiento del crecimiento y la composición corporal de la carpa de hierba (Ctenopharyngodon idella)*. *Revista Americana de Ciencias Agrícolas y Biológicas*, 5, 222-227.
- Zambrano, L., Mosig R. P., McKay, J., Griffiths, R., Shaffer, B., Flores-Villela, O., Parra-Olea, G. y Wake, D. (2010). *Ambystoma mexicanum*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010.

Zambrano, L., Valiente, E., y Vander Zanden, M. J. (2010). Food web overlap among native axolotl (*Ambystoma mexicanum*) and two exotic fishes: carp (*Cyprinus carpio*) and tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Xochimilco, Mexico City. *Biological Invasions*, 12(9), 3061–3069.

Zhou, F., Wang, Y. Q., Bei, Y. J., Ng, W. K., Wang, D. N., Li, S. Y., y Ding, X. Y. (2018). Evaluación de la eficacia de tres fuentes de metionina en la dieta baja en proteínas y baja en harina de pescado para la tortuga china de caparazón blando, *Pelodiscus sinensis*. *Acuicultura internacional*, 26(1), 15-26

11. ANEXO 1

11.1 Etapas embrionarias del *Ambystoma mexicanum* (Tomado de Bordzilovskaya *et al.*, 1989)

