



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD XOCHIMILCO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Proyecto de servicio social

“Efecto de dos diferentes dietas sobre el factor de condición en *Ambystoma mexicanum* del Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuernavaca (CIBAC).”

Presentado por:

González Escobar Oriam Uriel

Matricula: 2173067753

Asesor interno:

Dra. Hernández Coronado Cyndi
Gabriela

Número económico: 41207

Asesor externo:

Dr. Ocampo Cervantes José Antonio

Número de cédula: 5244408

Lugar de realización: Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuernavaca. Ubicado en Antiguo Canal Cuernavaca, Pista Olímpica Virgilio Uribe 16034, Ciudad de México, CDMX.

Fecha de inicio y termino: 9 de mayo de 2024 al 10 de noviembre de 2024.

Índice

1	Resumen.....	3
2	Introducción.....	3
3	Marco Teórico.....	4
3.1	<i>Ambystoma mexicanum</i>	4
3.2	Relación longitud – peso	4
3.3	Factor de condición (K).....	4
4	Objetivo general	5
5	Objetivos particulares	5
6	Metodología	5
6.1	Análisis de datos	6
7	Actividades realizadas	6
8	Objetivos y metas alcanzados	6
9	Resultados	7
9.1	Relación longitud - peso	7
9.2	Factor de condición (k).....	8
10	Discusión.....	9
11	Conclusiones	10
12	Recomendaciones	11
13	Bibliografía.....	11

1 Resumen

El factor de condición (K) es un indicador parcial del estado de salud de un ser vivo y se basa en la relación longitud – peso. En esta investigación se registró la talla y el peso de ejemplares de *Ambystoma mexicanum* semanalmente por 4 meses. Los ejemplares se dividieron en 2 grupos por la dieta ofrecida: tubifex y lombriz. Se llevó un registro del alimento consumido el cual se ajustaba semanalmente acorde con la tasa de aceptación y rechazo. Se calculó la relación longitud – peso con una regresión lineal utilizando mínimos cuadrados y aplicando la fórmula $W = aL^b$ de Le Cren (1951) para obtener los valores de a y b. El valor de $b=3.765$ indicó que el crecimiento de *A. mexicanum* es de tipo alométrico positivo. Se corroboraron los resultados calculando el valor de *t de student* tanto en el grupo bajo la dieta con lombriz ($b=4.103$, $r^2=0.8332$) como en la dieta con tubifex ($b=3.3738$, $r^2=0.7678$). El factor de condición (K) se calculó con la fórmula $K = 100(\frac{W}{L^3})$ de Froese (2006). El crecimiento fue muy similar con ambas dietas iniciando con un factor sin una diferencia significativa (lombriz: 6.277778 ± 0.27836 , tubifex: 6.733333 ± 0.27836), sin embargo, durante las 18 semanas se presentaron ligeras fluctuaciones que se consideraron no significativas. En conclusión, ambas dietas muestran ser una buena opción para alimentar a los ejemplares y que estos tengan un correcto crecimiento tanto en peso como en longitud.

2 Introducción

Ambystoma mexicanum es un anfibio del orden Caudata (salamandras y tritones) (Halliday y Adler, 2007), es una especie endémica del lago de Xochimilco en la Ciudad de México, se encuentra en peligro de extinción en vida libre. Actualmente, se cuenta con proyectos que ayudan a la preservación de la especie (Servín Zamora, 2014).

A. mexicanum es un carnívoro estricto, pero la dieta varía según la etapa de desarrollo (Servín Zamora, 2014), carecen de una buena visión por lo que al alimentarse detectan a sus presas por medio del movimiento, *Tubifex tubifex* y lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) forman parte de su dieta.

La ventaja de ofrecer alimento vivo, consiste en que es un alimento natural que posee los constituyentes básicos requeridos para los ejemplares aportando una buena nutrición, con la capacidad de conservar su valor nutritivo hasta ser consumido, también es importante conocer su origen, que no presente patologías antes de ser ofrecido ya que este puede ocasionar problemas de salud (Servín Zamora, 2014).

La relación longitud – peso proporcionan información indirecta sobre el estado nutricional, reproductivo y de crecimiento de una población, o bien refiriendo el estado de salud del individuo. El factor de condición (K) permite comparar este estado de salud o bienestar entre una población, basándose en que los ejemplares de mayor peso o longitud presentan mejores condiciones (Cifuentes *et. al.*, 2012). Sin embargo, los resultados se pueden ver afectados por factores como disponibilidad de alimento, estacionalidad, especie, etapa de desarrollo entre otros (Cifuentes *et. al.*, 2012; Fernández, *et. al.*, 2019). Estudios de relación longitud – peso generalmente utilizan un modelo de regresión lineal para estimar el peso de una población, considerando que es más fácil obtener su longitud (Fernández, *et. al.*, 2019).

Por lo anterior, el presente servicio social tuvo como objetivo, Comparar el efecto de la dieta tubifex contra lombriz roja de california sobre el factor de condición en dos grupos de *A. mexicanum* del Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuernavaca (CIBAC).

3 Marco Teórico

3.1 *Ambystoma mexicanum*

En México *A. mexicanum* está incluido en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría En peligro de extinción. En 1993 se decretó el parque ecológico de Xochimilco, que incluye en su plan de manejo un proyecto para la conservación del Ajolote. En 1999, el Comité Técnico Consultivo Nacional para la Recuperación de Especies Prioritarias (CTCNREP), crea un Subcomité para la Recuperación de Especies Prioritarias de México dedicado a las especies del genero *Ambystoma*. Actualmente *A. mexicanum* es una de las 51 especies prioritarias del Programa de Conservación de Especies Prioritarias (PROCER) (CONABIO, 2011).

Su dieta es amplia, come pequeños peces, renacuajos, insectos acuáticos, lombrices, crustáceos y moluscos de agua dulce. Cuando son larvas pequeñas se alimentan de zooplancton, formado por crustáceos microscópicos como copépodos, pulgas de agua y *Brachionus* spp. En cautiverio su dieta puede variar, incluyendo croquetas especiales para tortugas, grillos, tubifex, artemias, tenebrios y lombrices. Su forma de atrapar el alimento es por medio de succión repentina, utiliza su boca para retener a su presa, la cual traga completa, este movimiento repentino empuja al ajolote hacia atrás y arriba, para luego posarse en el fondo de nuevo. Se consideran caníbales ya que pueden ingerir ajolotes de menor talla como en estado larvario (CONABIO, 2011).

3.2 Relación longitud – peso

La relación longitud – peso puede ser un indicador indirecto de un buen estado de salud en un ejemplar, permitiéndonos realizar estudios predictivos y comparativos de poblaciones, este se puede obtener mediante regresión lineal con la formula $W = aL^b$ (Le cren, 1951; Froese, 2006). Posteriormente se determina si el crecimiento es isométrico, es decir si la longitud y el peso del ejemplar son proporcionales en su crecimiento con el tiempo, si este fuera el caso el valor de $b=3$. Cuando $b>3$, indica que los individuos de mayor talla han incrementado su peso en mayor proporción que su longitud, considerándose un crecimiento alométrico positivo. Pero, cuando $b<3$ quiere decir que la longitud de los individuos esta aumentada en mayor proporción que su peso presentando crecimiento alométrico negativo (Froese, 2006; Rivera, et. al., 2023).

3.3 Factor de condición (K)

El factor de condición (K) se utiliza para comparar la condición física entre ejemplares, basándose en que los ejemplares que presentan cierto peso a determinada longitud serán los más sanos (Fernández, et. al., 2019). Tiene una función como descriptor en la biología de poblaciones de cualquier especie ya que aporta información sobre el estado de crecimiento, nutricional y reproductivo y permite comparar la condición de poblaciones en distintos hábitats, así como su comportamiento (Cifuentes, 2012).

El factor de condición por individuo se estima mediante el índice de Fulton (K), siendo

$$K = 100\left(\frac{W}{L^3}\right) \text{ (Froese, 2006).}$$

4 Objetivo general

Comparar el efecto de la dieta tubifex contra lombriz roja de california sobre el factor de condición en dos grupos de *A. mexicanum* del Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuernavaca (CIBAC).

5 Objetivos particulares

- Determinar, cambios en el peso y talla de ejemplares de *A. mexicanum* alimentados con una dieta a base de tubifex.
- Determinar, cambios en el peso y talla de ejemplares de *A. mexicanum* alimentados con una dieta basada en lombriz roja de california.
- Establecer la dieta idónea que favorezca el factor condición en el *A. mexicanum*
- Estimar el factor de condición idóneo para *A. mexicanum* según la dieta suministrada.

6 Metodología

El estudio se llevó a cabo en la unidad de manejo ambiental Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuernavaca (UMA CIBAC) con registro de la Dirección General de Vida Silvestre DGVN-CR-IN-0952-D.F./07

Se utilizó una muestra de dieciocho ejemplares de un año de edad aproximadamente, separados en peceras individuales, el grupo 1 consistió de nueve ejemplares alimentados con tubifex, mientras que, el grupo 2 con los otros nueve ejemplares, fueron alimentados con lombriz roja de california.

Se registró el peso y talla (hocico-media cloaca) semanalmente (18 semanas) por 4 meses (20 mayo de 2024 al 23 de septiembre de 2024) elaborando una base de datos para su posterior análisis.

La dieta se ofreció con base a su consumo diario semanal, ofreciendo aproximadamente el 4% correspondiente a su biomasa durante la primera semana y a partir de ella se calculó el consumo diario de alimento y se ajustó semanalmente. Durante el primer mes los ejemplares fueron sometidos a un periodo de adaptación a la dieta correspondiente. Se alimentaron los días lunes, miércoles y viernes.

La lombriz se cultivó en las instalaciones, para ello se tomó un mes para realizar una lombricomposta a base de cascaras de naranja que se recolectaron de lunes a viernes cubriéndola con paja seca y se regándola los martes y jueves.

Los lunes se realizó la limpieza de las peceras y cambios totales de agua, mientras los miércoles y viernes solo cambios parciales de agua.

6.1 Análisis de datos

Una vez pasado los 4 meses de alimentación y registros se analizarán las relaciones longitud – peso mediante regresión lineal con la formula $W = aL^b$ (Le cren, 1951; Froese, 2006) donde W es el peso en gramos, L la longitud en centímetros, a la ordenada de origen y b la pendiente. El valor de b se comparará con la prueba *t de student*, para determinar si el crecimiento es de tipo isométrico o alométrico. Se tomarán en cuenta como crecimiento isométrico si el valor de b fluctúa entre 2.5 y 3.5.

El factor de condición por individuo se estimará mediante el índice de Fulton (K), siendo

$K = 100(\frac{W}{L^3})$ (Froese, 2006), donde W es el peso corporal húmedo en gramos y L la longitud en cm. y posteriormente se analizarán los datos con la prueba *t de student* en el programa JMP 15.

7 Actividades realizadas

- Visitas al CIBAC en donde se encuentran los ejemplares para el estudio
- Elegir y separar los ejemplares para formar los dos grupos
- Crear y mantener una lombricomposta con cascaras de naranja
- Recolectar las cascaras de naranja de un negocio local
- Cosecha de lombrices
- Limpieza del alimento (tubifex – lombriz)
- Alimentar a ambos grupos con su dieta (tubifex – lombriz) y ración correspondiente
- Medir y pesar a todos los ejemplares y tomar un registro de los datos
- Limpiezas parciales y totales de los acuarios de los ejemplares
- Analizar los datos obtenidos y realizar graficas
- Realizar un informe de la investigación y presentar los resultados
- Apoyo en las actividades del CIBAC
- Presentar los resultados en el “1er encuentro del *Ambystoma*”

8 Objetivos y metas alcanzados

- Se logró comparar el efecto de dos dietas, tubifex contra lombriz roja de california sobre el factor de condición en dos grupos de *A. mexicanum*
- Se tomó el peso y talla de 9 ejemplares de *A. mexicanum* alimentados con una dieta a base de tubifex.
- Se logró observar y comparar los cambios en el peso y talla de 9 ejemplares de *Ambystoma m.* alimentados con una dieta basada en lombriz roja de california.
- Se estableció que ambas dietas favorecen el factor condición en el *A. mexicanum*
- Se logró obtener resultados comparables para el factor de condición en el *A. mexicanum*
- Se presentó un cartel con los resultados de la investigación en el “1er encuentro del *Ambystoma*”

9 Resultados

9.1 Relación longitud - peso

La relación longitud – peso se calculó mediante una regresión lineal utilizando mínimos cuadrados y con ayuda de la formula $W = aL^b$ de Le Cren (1951) obteniendo los valores de a y b . El valor de $b=3.765$ nos indicó que el crecimiento de *A. mexicanum* es de tipo alométrico positivo, es decir que a la ganancia de peso hay una ganancia de talla. Para corroborar este dato, se calculó el valor de t tanto para la dieta de lombriz ($b=4.103$, $r^2=0.8332$) (Figura 1) como en la dieta de tubifex ($b=3.3738$, $r^2=0.7678$) (fig. 2) utilizando la formula $\hat{t} = \left(\frac{Slog(L)}{Slog(P)} \right) \left(\frac{[b-3]}{\sqrt{1-r^2}} \right) (\sqrt{n-2})$, confirmando que con ambas dietas *A. mexicanum* tiene un crecimiento alométrico positivo.

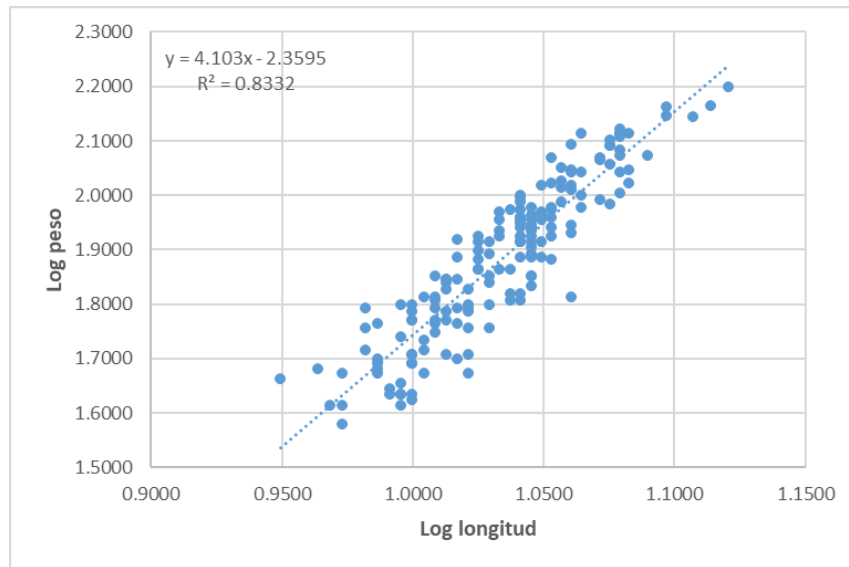


Figura 1. Relación peso – longitud de los ejemplares alimentados con lombriz, se presenta el valor de la regresión (R^2).

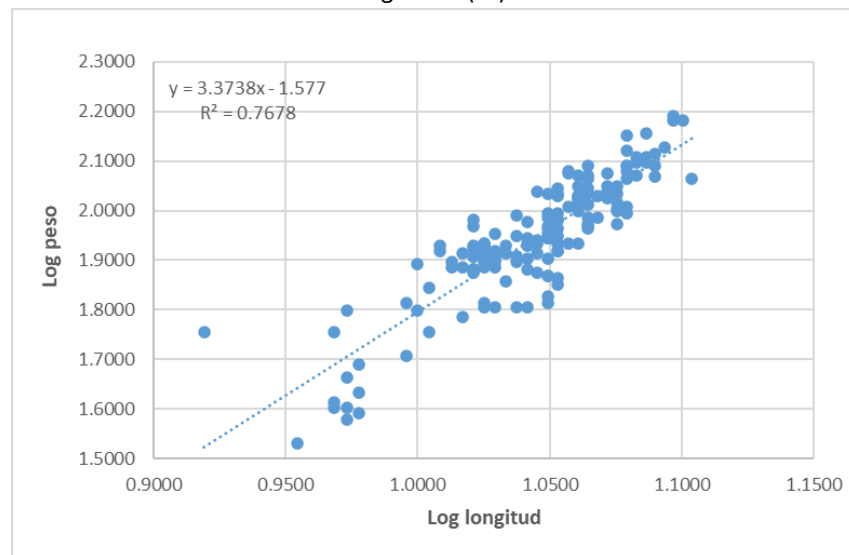


Figura 2. Relación peso – longitud de los ejemplares alimentados con tubifex, se presenta el valor de la regresión (R^2).

9.2 Factor de condición (k)

Para el factor de condición (K) se calculó con base en la fórmula $K = 100(\frac{W}{L^3})$ (Froese, 2006) y posteriormente se tomaron las medias por semana y por dieta para compararlos, se muestra el error estándar (Figura 3).

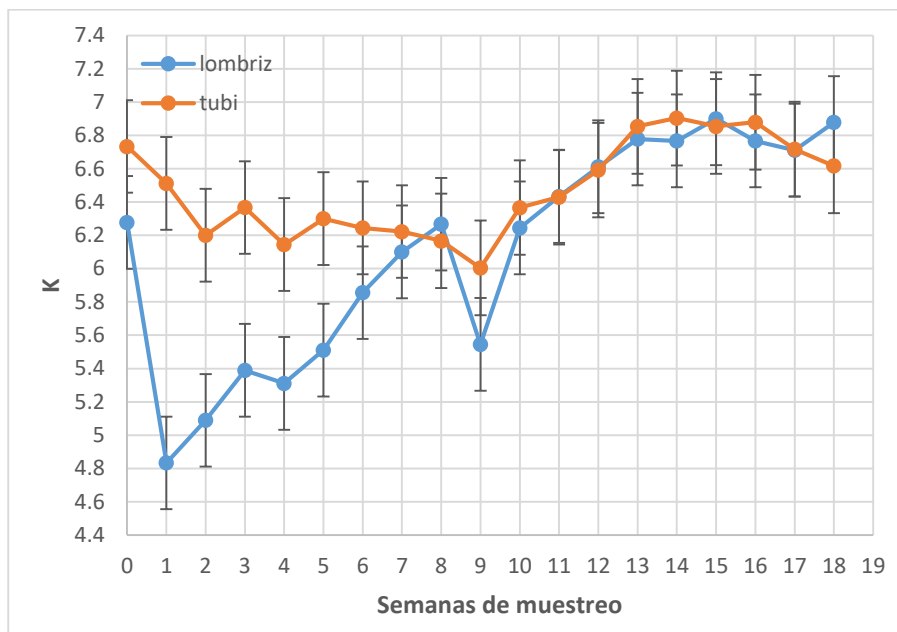


Figura 3. Comparación de las medias semanales de factor de condición (K) por dieta ofrecida, se presenta el error estándar.

Como se puede observar en la figura 3, el crecimiento es muy similar con ambas dietas iniciando con un factor sin una diferencia significativa (lombriz: 6.28 ± 0.27 , tubifex: 6.73 ± 0.27), sin embargo, uno de los puntos más notorios pasa en la semana 1, donde la dieta lombriz presenta un decremento significativo (lombriz: 4.83 ± 0.27) comparado con lo presentado en la semana inicial y en la semana final (lombriz: 6.87 ± 0.27). Esta disminución en el factor de condición podría atribuirse al cambio de dieta ya que inicialmente el grupo con dieta de lombriz siempre había sido alimentado con tubifex. Sin embargo, cabe resaltar que a partir de esta semana el crecimiento volvió a ser gradual con otra ligera fluctuación en la semana 9 (lombriz: 5.54 ± 0.27) pero no fue significativa.

En el caso de la dieta tubifex, se mantuvo constante sin presentar diferencias significativas de principio (tubifex: 6.73 ± 0.27) a la semana final (tubifex: 6.61 ± 0.28). En la semana 9 se atribuye la disminución de K por posibles cambios en la calidad del agua, ya que para el cultivo de los ajolotes se utiliza agua proveniente del canal de Cuernavaca.

Si bien, se entiende que el factor de condición (K) se obtiene a través del peso y la longitud de un ejemplar es importante analizar dichos parámetros, por lo que también se sometieron a un análisis de datos, siendo el peso el parámetro con cambios más notorios (fig 4).

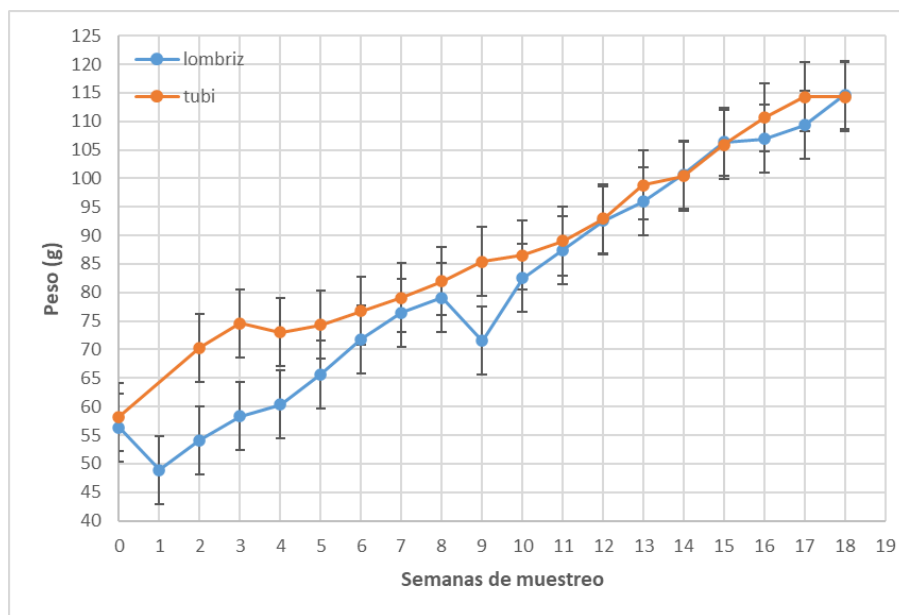


Figura 4. Comparación de la media de los pesos por dieta ofrecida se presenta el error estándar.

Si bien no se presenta un crecimiento anormal o distinto significativo entre ambas dietas, es importante mencionar que si existe una ganancia de peso muy notoria en ambos grupos desde la semana 0 (tubifex: $58.22\text{g} \pm 5.97$, lombriz: $56.33\text{g} \pm 5.97$) a la 18 (tubifex: $116.54\text{g} \pm 6.03$, lombriz: $114.66\text{g} \pm 5.97$) indicando que probablemente, el tiempo si tuvo un efecto. El mismo patrón de ganancia se presentaría en la longitud no se percibe un aumento significativo en ambas dietas siendo muy similar la longitud media de la semana 0 ($9.6\text{ cm} \pm 0.13$) a la semana 18 ($11.87\text{ cm} \pm 0.13$).

Al no existir estudios previos sobre el factor de condición en *A. mexicanum* no podemos tener un punto de comparación con los resultados obtenidos en esta investigación, sin embargo, pudimos notar que el modelo propuesto por Le Cren (1951) y Froese (2006) se puede implementar para indicar si el tipo de crecimiento es isométrico o alométrico.

10 Discusión

Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación nos indica que no hay una diferencia significativa sobre la relación longitud – peso en *A. mexicanum* independientemente del tipo de alimentación administrada (tubifex y lombriz roja) generando un crecimiento alométrico positivo. El factor de condición (K) nos muestra un aumento de talla y ganancia de peso a lo largo de esta investigación lo que nos indica que el tiempo si tuvo un efecto sobre estos.

No se encontraron estudios relacionados al factor de condición en *A. mexicanum*, la mayoría de los estudios encontrados son aplicados en peces, sin embargo, se pudo obtener información para comparar algunas técnicas y observaciones sobre los modelos empleados en distintos ejemplares.

Considerando los resultados de estudios en donde los ejemplares empleados son peces, erizos de mar o camarones, podemos replantear la manera en la que este estudio nos hubiera permitido encontrar otros resultados, probablemente agrupándolos por sexo, temporada del año, etapa de desarrollo o incluso entre especies del género *Ambystoma* se podría determinar el factor de

condición para diferentes variables. Cabe mencionar que no se encontraron estudios que compararan por dietas como lo que se realizó para este trabajo.

Fernández y colaboradores (2019) llevaron a cabo estudios de relación longitud – peso en postlarvas epibentónicas y de jóvenes del camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum*, realizando un modelo de regresión lineal para tres grupos divididos por sexo (machos, hembras e indefinidos). Encontraron que existen variaciones si se toma la longitud de hocico a cloaca (LHCI) que de hocico a cola (LT). En la investigación de Fernández y colaboradores (2019) mostraron mejores resultados con la longitud total siendo otro factor que podía haberse comparado para este trabajo ya que la longitud empleada fue de hocico a cloaca. En este estudio se optó por la longitud hocico a cloaca debido a que pueden sufrir lesiones por canibalismo en el cultivo y pueden alterar las medidas de la longitud, en el caso de *A. mexicanum* pueden estresarse al momento de manipularlos causando lesiones en la cola.

El modelo se ha aplicado en peces como en el estudio de Cifuentes y colaboradores (2012) en donde presentaron crecimientos isométricos. Otro ejemplo es Valencia (2015) quien aplicó el modelo en erizos de mar (*Echinometra vanbrunti*) y de igual manera sus resultados fueron crecimientos isométricos.

Cifuentes (2012) menciona que en la mayoría de las especies (peces) sometidas a estudios relación longitud – peso presentan un crecimiento de tipo isométrico con una tendencia al aumento de grosor proporcional a la talla. Mientras que en esta investigación encontramos que el crecimiento en *A. mexicanum* fue alométrico positivo.

Otro factor determinante puede ser el tamaño de la muestra de cada grupo ya que al ser una muestra pequeña de nueve ejemplares por grupo pudo no haber arrojado un rango más amplio de datos para una mejor comparación como en los estudios revisados para este trabajo. Froese (2006) menciona que valores de crecimientos alométricos pueden ser debido a un número de muestras no representativas.

En cuanto al factor de condición, Fernández y colaboradores (2019) una vez que obtuvieron la relación longitud – peso en postlarvas epibentónicas y de jóvenes, del camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum*, divididos por sexo (machos, hembras e indefinidos), lograron calcular un factor de condición relativo (Kn) demostrando que el modelo establecido para peces se puede adaptar para otras especies. En esta investigación la dieta lombriz presentó dos fluctuaciones en los datos obtenidos, en la semana 1 y la semana 9 se obtuvieron decrementos, pero sin ser significativos, respecto a la semana inicial y la semana final. Esto puede ser debido a factores que describen otros autores como pueden ser el sexo, la etapa de desarrollo o temporada de año, al cual se asocia más con el tipo de dieta ya que el grupo alimentado con tubifex no presentó fluctuaciones.

11 Conclusiones

Se espera que este estudio ayude a futuras investigaciones y poder comparar lo obtenido en cuanto a la relación longitud – peso y el factor de condición (K) en *A. mexicanum* empleándolo como base para poder establecer un factor de condición y posteriormente aplicarlo a otras especies del género *Ambystoma*. El siguiente objetivo sería poder adaptar el modelo a este ejemplar con su propia constante para hacerlo más preciso.

12 Recomendaciones

Como se menciona anteriormente, aumentar el tamaño de la muestra para el estudio sería un buen paso para mejores resultados basándose en la cantidad de datos que se pueden obtener y tener un buen rango de comparación, de igual manera aumentar la cantidad de grupos a comparar siendo por sexo, etapa de desarrollo o incluso con más dietas o aditivos en distintas concentraciones.

13 Bibliografía

Cifuentes, Roberto; González, Jorge; Montoya, Germán; Jara, Alfonso; Ortiz, Néstor; Piedra, Priscila; Habit, Evelyn. (2012). Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). Gayana (Concepción), 76(), 86–100. doi:10.4067/S071765382012000100009

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

FERNANDEZ, Rolando Gelabert; CHAVEZ HURTADO, Luisa Janette and BRITO PEREZ, Roberto. Relación longitud-peso, y factor de condición relativa de postlarvas epibentónicas y de jóvenes, del camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* (Crustacea: Penaeidae) en Laguna de Términos, México. Rev. biol. trop [online]. 2019, vol.67, n.3, pp.585-598. ISSN 0034-7744. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v67i3.34183>.

Froese R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships; history, meta-analysis and recommendations. J. Appl. Ichthyol. 22(4):241-253. doi: <https://doi.org/10.1111/j.14390426.2006.00805.x>

Halliday, T. y K. Adler. 2007. La gran enciclopedia de los anfibios y reptiles. Libsa, Madrid. 240 p.

Le Cren ED. 1951. The length–weight relationships and sea sonal cycle in gonad weight and conditions in the perch *Perca fluviatilis*. J. Anim. Ecol. 20(2):201–219. doi: <https://doi.org/10.2307/1540>

Rivera-Velázquez, G., Aguilar-Ballinas, J. M., Trejo-González, C. & Peralta-Meixueiro, M. Ángel. (2023). Estructura de tallas, relación longitud-peso y factor de condición de cuatro peces nativos en la represa Nezahualcóyotl, Chiapas, México. Caldasia, 45(2), 323–331. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v45n2.100458>

VALENCIA-SANTAN, Francisco Javier, VALENCIA-SANTANA, José Gerardo (2015). Relación longitudpeso y factor de condición de *Echinometra vanbrunti* (A. Agassiz 1863) en Acapulco, Guerrero, México. Revista de Análisis Cuantitativo y Estadístico. 2015. 2-5: 402-407

Zamora, Servín, Erika y Mena, González, Horacio. (2014). Manual básico para el cuidado en cautiverio del axolote de Xochimilco (*Ambystoma mexicanum*). Primera edición. Editorial Instituto de biología UNAM