

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

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL
POR INVESTIGACIÓN

“Enriquecimiento de la dieta de *Girardinichthys viviparus* (PISCES: GOODEIDAE) con levadura de selenio para su crecimiento y supervivencia”

Nixinidary Gizeh García Flores
Matrícula No. 2122031825

ASESORES

Dra. Gabriela Vázquez Silva
No. Econ. 30288

Biol. Fernando Arana Magallón
No. Econ. 15646

Ciudad de México.

Noviembre 2019.

I. RESUMEN

La familia goodeidae es la más rica en endemismos, con un 32% en especies endémicas, siendo la especie *Girardinichthys viviparus* un tesoro natural, pues presenta adaptaciones que son únicas, lo que les permite estar asociadas a peculiares estrategias de reproducción y de desarrollo pues presentan un marcado dimorfismo sexual con un cortejo prenupcial y viviparidad. Por desgracia su hábitat se encuentra entre los más afectados, ocasionando que esta especie se encuentre en peligro de extinción de acuerdo a la NOM- 059-2010; y para la UICN como una especie en peligro crítico, formando parte de los numerosos peces de agua dulce amenazados de México, por lo que la conservación, la reproducción y el crecimiento de esta especie, son considerados como procesos importantes, requiriendo estudios sobre alimentos que brinden una nutrición adecuada en cautiverio obteniendo la energía necesaria para el crecimiento, mantenimiento y producción aumentando la población. El papel de los minerales traza en los peces sirve para la respuesta inmune, y la resistencia a la enfermedades, restringiéndose solamente para hierro, zinc y selenio pues los niveles adecuados de estos elementos traza son esenciales para reunir los requisitos de crecimiento normales y mantener la salud de los peces, por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la levadura de selenio adicionada a la dieta en el crecimiento y supervivencia de juveniles del *Girardinichthys viviparus* en condiciones controladas, utilizando un diseño al azar, con nueve acuarios (unidad experimental) de 40 L c/u. Cada unidad experimental con una densidad de 20 organismos juveniles de *Girardinichthys viviparus*, distribuyendo al azar hembras y machos, con tres tratamientos por triplicado de alimento enriquecido con el mineral de selenio orgánico a base de levadura de selenio en concentraciones de 0.10 mgSe (SeA) y 0.20 mgSe (SeB), y un grupo de control sin selenio, dando como resultado mejoras en la supervivencia en la dieta con mayor cantidad de Selenio (SeB) con 83%, seguido por SeA con 78% y finalmente con resultados bajos la tina de control con 67%, sin embargo se observó un descenso en talla, TEC y GDP en las dos dietas suplementadas con selenio, siendo el control el de mejores resultados en todos los casos mencionados.

Palabras Clave: Alimentación, crecimiento, dieta, mexcalpique, selenio, supervivencia.

INDICE DE CONTENIDO

I. RESUMEN	2
II. INTRODUCCION	4
III. REVISIÓN DE LITERATURA	5
5.1 Características morfológicas.....	5
3.1.1 Fecundidad	6
3.1.2. Reproducción.....	6
3.2 Clasificación taxonómica	7
3.3 Nombres comunes.....	7
3.4 Distribución	7
3.5 Hábitat.....	7
3.6 Alimentación.....	8
3.7 Requerimientos nutricionales y fuentes de energía en peces.....	9
3.8 Minerales Traza.....	9
3.9 Selenio	10
IV. HIPOTESIS	11
V. OBJETIVOS.....	11
5.1 Objetivo General	11
5.2 Objetivos específicos	11
VI. METODOLOGIA	11
6.1 Obtención de Juveniles de Girardinichthys viviparus.....	11
6.2 . Diseño experimental	12
6.3 . Biometría.....	12
6.4 Variables fisicoquímicas	13
6.5 Cálculos de las variables y análisis estadístico.....	13
VII. RESULTADOS.....	14
VIII. DISCUSIÓN	17
IX. CONCLUSIONES	18
X. REFERENCIAS.....	19

II. INTRODUCCION

México es reconocido como un país mega-diverso, cuenta con cerca del 10% de todos los organismos de la tierra y su riqueza biológica radica en su amplia diversidad de especies, (De la Vega-Salazar, 2005) que se encuentra constituida por especies endémicas, donde los peces constituyen el grupo de vertebrados con mayor riqueza de especies, ya que en la actualidad se conocen un total de 2 763 especies en el país que representan aproximadamente el 9.8% (Espinosa-Pérez, 2014), tal es el caso de la familia Goodeidae que es la más rica en endemismos con un 32% en especies endémicas (De la Vega-Salazar, 2005) conformada por 19 géneros y 41 especies (Domínguez-Domínguez *et al.*, 2008). Uno de los casos de importancia es la que presenta la especie *Girardinichthys viviparus* que es considerado como un tesoro natural, que presenta adaptaciones que son únicas, lo que les permite estar asociadas a peculiares estrategias de reproducción y de desarrollo embrionario (Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce, 2007) además de que también presentan un marcado dimorfismo sexual, un cortejo prenupcial y viviparidad; todos estos fenómenos conllevan a una serie de adaptaciones morfológicas, anatómicas y fisiológicas propias del grupo (Domínguez-Domínguez *et al.*, 2008).

Por desgracia su hábitat se encuentra entre los más afectados principalmente por los efectos antropogénicos que han alterado y contaminado su ambiente natural, recibiendo una gran cantidad de contaminantes provenientes de la ciudad, de zonas industriales, de la actividad ganadera, la agricultura y la introducción de especies exóticas, que han modificado su estructura natural (Navarrete-Salgado *et al.*, 2004); ocasionando que esta especie se encuentre en peligro de extinción de acuerdo al listado de especies en categoría de riesgo de la NOM-ECOL 059- 2010; y por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2016) como una especie en peligro crítico y formando parte de los numerosos peces de agua dulce amenazados de México (Miranda *et al.*, 2008), por lo anterior la conservación, la reproducción y el crecimiento de estos organismos, son considerados como los procesos más importantes, por lo cual se requieren estudios sobre alimentos que brinden una nutrición adecuada en cautiverio (Trujillo-Jiménez y Espinosa, 2006).

En los cultivos acuícolas la nutrición es uno de los aspectos más importantes, ya que de ella depende del éxito de una producción, por lo que el alimento suministrado debe proporcionar los nutrientes necesarios tanto en cantidad como en calidad, de donde los organismos obtienen la energía necesaria para el crecimiento, mantenimiento y producción (Espinoza-Espinal, 2007). El papel de los minerales traza en los peces sirve para la respuesta inmune, y la resistencia a la enfermedades, restringiéndose solamente para hierro, zinc y selenio puesto que los niveles adecuados de estos elementos traza así como de otros nutrientes dietéticos son esenciales para reunir los requisitos de crecimiento normales y mantener la salud de los peces, mientras que la deficiencias o excesos de cualquier nutriente pueden tener efectos profundos en las enfermedades infecciosas y la supervivencia de los peces (Lim y Kleisus, 2000), por lo que se ha estudiado alternativamente el uso de suplementos alimenticios como es el caso de la levadura de selenio que influye en los procesos metabólicos, dando como resultado un crecimiento acelerado, y por consiguiente también mostrando una mayor eficiencia reproductiva en los peces. Asimismo, se ha demostrado que el Selenio aumenta o modula las respuestas inmunitarias en los animales (Rodríguez-Papuico, 2014). Por lo que en este trabajo se enriquecerá la dieta de *Girardinichthys viviparus* con levadura de selenio para mejorar la eficiencia en el crecimiento y supervivencia de la especie.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1 Características morfológicas.

Estos organismos tienen una longitud máxima de 65 mm; en la actualidad, los machos sólo alcanzan los 27 mm y las hembras 39 mm; la aleta dorsal, presenta aproximadamente de 18-26 radios; mientras que la aleta anal presenta de 20-27 radios. Tiene dientes de tipo cónicos, por lo general presenta de 15-18 branquiespinas (Bautista-Hernández *et al.*, 2008).

Los peces *G. viviparus* son vivíparos y presentan dimorfismo sexual, donde la hembra suele ser más grande que el macho, el machos presentan la aleta anal modificada en los primeros radios llamada espermatopodio, que sirve como conductor del esperma al poro genital de la hembra, así mismo las aletas dorsal y

anal de éstos presentan coloración negra, lo que se acentúa durante la reproducción (Navarrete-Salgado *et al.*, 2007), por su parte las hembras presentan el vientre más prominente que el del macho, son de color grisáceo, con rayas transversales en los flancos de color café en los costados (Castillo, 1997) que sirven como indicadores para que los machos sepan que son receptivas durante la época de reproducción (Bautista-Hernández *et al.*, 2008).

3.1.1 Fecundidad

La hembra de *G. viviparus* presenta una estructura especializada llamada “trofotenia” de donde los embriones obtienen los nutrientes y macromoléculas (lípidos y proteínas) que le son necesarios, así mismo se lleva a cabo un intercambio gaseoso y también les sirve para la eliminación de desechos provenientes de ambos (Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce, 2007).

Las crías de los goodeidos nacen completamente desarrolladas, lo que les confiere importantes ventajas, como una mayor probabilidad de sobrevivencia, pero también presentan la desventaja de que el número de descendientes es mucho menor que en los peces ovíparos (Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce, 2007).

3.1.2. Reproducción.

El período de reproducción es continuo durante el año, pero se acentúa en los meses de febrero a octubre, las hembras alcanzan la madurez sexual en un año o hasta en cuatro meses (Bautista-Hernández *et al.*, 2008: Cruz-Gómez, A. y Rodríguez-Varela, 2006). Las crías nacen en un mayor porcentaje durante mayo y junio, pero se ha observado que la época de reproducción se inhibe cuando la temperatura es menor a 19°C (Bautista-Hernández *et al.*, 2008). En cuanto a la fecundidad el número de crías por avivada tiene una clara relación con la talla de las madres, en hembras entre 30 y 45 mm de longitud patrón, el avivamiento es de 8 a 32 crías, pero en promedio de 17, al nacimiento las crías tienen una longitud total de aproximadamente 16 mm (Díaz-Pardo, 2002). Otra de las cualidades de la especie que la hembra de *G. viviparus* tiene la capacidad de “superfetar”, por lo que puede llevar internamente y de manera simultánea más de una camada en distintos estadios de desarrollo (Zúñiga, 2005).

3.2 Clasificación taxonómica

Girardinichthys viviparus tiene la siguiente clasificación taxonómica de acuerdo con Díaz-Pardo (2002).

Phylum: Chordata

Subclase: Pisces

Clase: Teleostomi (Osteichthyes)

Grupo: Acanthoerygii

Orden: Cyprinodontioidei

Familia: Goodeidae

Género y especie: *Girardinichthys viviparus*

(Bustamante, 1937)

3.3 Nombres comunes

Girardinichthys viviparus es conocido comúnmente como mexcalpique o mexclapique. Los mexicas los llamaban como cuitlapetotl o pescado de vientre grande (Castillo, 1997). En otros lugares se les conocen como Tiros, Chehuas, Choromes, Sardinitas, Doradillas, (Montesino, 2013) y pez de aleta negra (Vega-López *et al.*, 2007).

3.4 Distribución

El goodeido *Girardinichthys viviparus*, es un pez endémico de la Cuenca de México presente en los lagos de Xochimilco, Zumpango, Texcoco y Chapultepec, así mismo en los canales de San Gregorio, en el Lago de Chalco, Canal de San Cristóbal, Canal general de Xico, Canal Grande de Tláhuac y Santa Martha en Iztapalapa (Díaz-Pardo, 2002). Algunos registros indican su presencia en la cuenca alta de Pánuco en el Río Tula y en el Lago de Tecocomulco (Trujillo-Jiménez y Espinosa, 2006).

3.5 Hábitat.

Generalmente habitan en ríos, canales y lagos de aguas templadas o semiáridas poco oxigenas donde la vegetación es abundante (Castillo, 1997) puesto que no tiene preferencia por algún tipo de ecosistema, se desarrolla de manera adecuada tanto en aguas corrientes, como en cuerpos lacustres naturales y artificiales (Díaz-

Pardo, 2002). Sus requerimientos mínimos ambientales son: temperatura de 14 a 27°C (este parámetro es fundamental para el exitoso mantenimiento en cautiverio), el oxígeno de 4.5-5 mg/L y un pH de 7.2 a 7.6 (Montesino, 2013) por lo que se adapta a diferentes condiciones ambientales y en cautiverio ha mostrado las mismas características; es omnívoro y entre los goodeídos resalta por su alta tasa de fecundidad (natalidad) (Díaz-Pardo, 2002).

3.6 Alimentación.

La dieta general de *G. viviparus* en términos de vida libre, es de tipo eurifágico constando de doce componentes alimenticios, de los cuales once son de origen animal y la mayoría de ellos son insectos (Hymenoptera, Odonata, Ephemeroptera, Diptera, Thysanoptera, Hemiptera, Coleoptera y Collembola) y un componente de origen vegetal; sin embargo, las hembras prefieren alimentarse de más vegetación, mientras que, los machos optan por los insectos (Bautista-Hernández *et al.*, 2008). Cuando se habla de metabolismo energético en los peces éste es ectotérmico, la pérdida de calor se lleva rápidamente a través de las branquias, mediante la respiración, donde ocurre el intercambio gaseoso O₂-CO₂ acuático (Uzcátegui, 2013), son capaces de obtener un 10-20% de más energía a partir del catabolismo de proteínas (Tacon, 2008), por lo que se ven afectados por la temperatura, la concentración de oxígeno, o de dióxido de carbono, el pH y la salinidad que se encuentra presente en el agua, edad, talla, actividad y fluctuaciones estacionales y diarias de los procesos corporales. (Torres-Novoa y Hurtado-Nery, 2012).

En cautiverio, el godeido *Characodon lateralis* acepta dieta de Gordon's (mezcla de ingredientes en fresco: corazón de res, camarón seco y molido, vegetales, salmón, etc.), alimento de tipo comercial (hojuelas), "pellets" para cíclido con alta proteína, bagrina, conejina como aporte de fibra en la dieta en una concentración de 50/50, los adultos aunque aceptan bien el alimento seco, prefieren el alimento vivo o congelado por lo que se puede utilizar nauplio de artemias, gusanillo de Grindall, microworms, larva de mosquito, *Daphnia* sp, gamáridos y gusanos rojos (Valdés-González, 2014).

3.7 Requerimientos nutricionales y fuentes de energía en peces.

La nutrición es uno de los factores más importantes en la acuicultura y con una dieta adecuada se obtiene un mejor desarrollo de los organismos. La energía para el mantenimiento de las distintas funciones vitales de los peces requiere de determinadas cantidades de nutrientes que se incorporan a su masa muscular, es por eso por lo que los estudios sobre los requerimientos nutricionales son necesarios para la formulación de dietas adecuadas para cada estadio del desarrollo de los organismos, tomando en cuenta el conocimiento de sus hábitos alimenticios y características físicas preferenciales de su dieta (Uscanga-Martínez *et al.*, 2011).

De los requerimientos que son necesarios para los peces son los minerales, que se definen como elementos químicos que participan en la constitución del organismo animal y que resultan necesarios para su funcionalismo. Los minerales desempeñan misiones muy variadas en el metabolismo (Martínez-Palacios y Ríos Durán, 2018) y son utilizados en los procesos vitales como son en la formación de estructura de esqueleto, la regulación de equilibrio ácido-base y osmoregulación, en componentes de hormonas y enzimas, activación de enzimas, regulación de la captación, almacenamiento y excreción de varios elementos inorgánicos, permitiendo un equilibrio dinámico entre el pez y el medio acuático (Torres-Novoa y Hurtado-Nery, 2012).

Estos son requeridos en pequeñas cantidades y son absolutamente necesarios para el crecimiento normal. (Lim y Kleisus, 2000), mientras que las deficiencias pueden causar patologías bioquímicas, estructurales y funcionales que dependen de varios factores, incluyendo la duración y el grado de privación mineral (Watanabe, 1997). La obtención de estos minerales en peces procede del alimento que ingieren y del agua en que viven, son captados a través de las branquias y del intestino (Tacon, 2008).

3.8 Minerales Traza.

Los minerales constituyen una cantidad relativamente pequeña de los tejidos del cuerpo de los organismos. Sin embargo, estos son esenciales para los procesos de vida normal de todos los animales, incluso para los peces, que son requeridos en

sus dietas, aunque pueden ser absorbidos varios elementos minerales del agua circundante para reunir parte de sus requisitos metabólicos (Chhorn y Kleisus, 2000).

Los minerales esenciales son 20 y están clasificados en dos principales grupos, acorde a su concentración en el cuerpo animal los cuales se describen como macroelementos (calcio, sodio, potasio, fósforo, entre otros) y microelementos (selenio, zinc, hierro, cromo, entre otros) (Tacon, 2008).

La suplementación dietética de los minerales se ha conseguido mediante el uso de sales inorgánicas. Sin embargo, debido a la baja biodisponibilidad de elementos de esta fuente, se han realizado esfuerzos continuos para mejorar su utilización. El estado mineral de un animal es significativo para su salud ya que puede influir en su susceptibilidad a enfermedades infecciosas. Por estas razones, las fuentes orgánicas se utilizan ampliamente en la alimentación animal (Nakagawa *et al.*, 2007).

3.9 Selenio

El Selenio es un micronutriente importante en los animales porque se ha mostrado que tiene un efecto positivo en el crecimiento y en el metabolismo de la glucosa en los peces, por lo que la implementación de este mineral adicionada a una levadura permite que los peces juveniles de *Girardinichthys viviparus* presenten un mayor crecimiento en comparación con un tratamiento no suplementado durante un determinado tiempo (Chhorn y Kleisus, 2000).

El selenio orgánico se emplea como parte del suplemento mineral en el alimento de peces. Para la producción de este nutriente, también llamado selenolevadura, se utilizan cepas de *Saccharomyces cerevisiae*, las cuales biotransforman el selenio inorgánico a selenometionina, que es absorbido y metabolizado con mayor digestibilidad y biodisponibilidad, haciendo que la absorción gástrica de selenio sea más eficiente y se le encuentra en mayor concentración en el hígado, riñón y gónadas, y en menor proporción en el músculo. La selenometionina es la forma predominante de selenio, no genera radicales oxidativos por lo que mejora el crecimiento y es más efectiva que el selenito de sodio pues ayuda a reducir pérdidas por los efectos perjudiciales del estrés oxidativo (Rodríguez y Rojas, 2014).

IV. HIPOTESIS

Se espera que los organismos juveniles del *Girardinichthys viviparus* alimentados con dietas enriquecidas con selenio aumenten significativamente su crecimiento en las variables de ganancia de peso, incremento de talla y supervivencia.

V. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de la levadura de selenio adicionada a la dieta en el crecimiento y supervivencia de juveniles del *Girardinichthys viviparus* en condiciones controladas.

5.2 Objetivos específicos

- Evaluar el crecimiento en peso y talla en juveniles del *Girardinichthys viviparus* con levadura de Selenio
- Estimar la ganancia diaria de peso y tasa específica de crecimiento en juveniles del *Girardinichthys viviparus* alimentados con levadura de selenio
- Comparar la supervivencia en juveniles de *Girardinichthys viviparus* con dietas adicionadas con levadura de Selenio
- Evaluar la adición a la dieta de levadura de selenio con relación a los factores fisicoquímicos del agua de las unidades experimentales de juveniles de *Girardinichthys viviparus*.

VI. METODOLOGIA

6.1 Obtención de Juveniles de *Girardinichthys viviparus*

Este trabajo se realizó en el Laboratorio de Limnobiología y Acuícola de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco con una duración de 16 semanas, utilizando una colonia de reproductores *Girardinichthys viviparus* originaria de los canales de Xochimilco obténtenos desde hace 15 años y mantenida en cautiverio en el laboratorio.

6.2 Diseño experimental

El experimento consistió en un diseño completamente al azar, con nueve acuarios (unidad experimental) de vidrio con capacidad de 40 L. Cada unidad experimental con una densidad de 20 organismos juveniles de *Girardinichthys viviparus*, distribuyendo al azar hembras y machos, con tres tratamientos por triplicado de alimento enriquecido con el mineral de selenio orgánico a base de levadura de selenio en concentraciones de 0.10 mgSe (SeA) y 0.20 mgSe (SeB), y un grupo de control sin selenio. El suplemento alimenticio de levadura de selenio (Biotecap®) se aplicó diariamente mezclado en la dieta habitual (alimento para alevín; El Pedregal Trucha 40%). El plan de alimentación consistió en una tasa de alimentación del 10% de acuerdo con la biomasa y fue proporcionado mediante tres raciones al día. Cada semana se realizó recambios de agua del 50% en cada una de las unidades experimentales y cada tercer día se realizó el retiro de las excretas y alimento no consumido con la finalidad de mantener la calidad del agua.

6.3 Biometría

Se obtuvieron medidas biométricas cada 15 días para cada uno de los organismos registrando la longitud total (a partir del hocico hasta el final de la aleta caudal) estándar (desde la cabeza hasta el final del pedúnculo caudal), la altura (a partir del dorso hasta la parte ventral) con un calibrador (Traceable®) (Figura 1), así mismo para estimar la ganancia diaria se registró el peso húmedo de cada individuo con una balanza analítica (Ohaus™) con precisión de 0.0001 gramos, para conocer la biomasa total de cada una de las peceras y finalmente para saber la sobrevivencia se realizó un conteo de cada pecera.

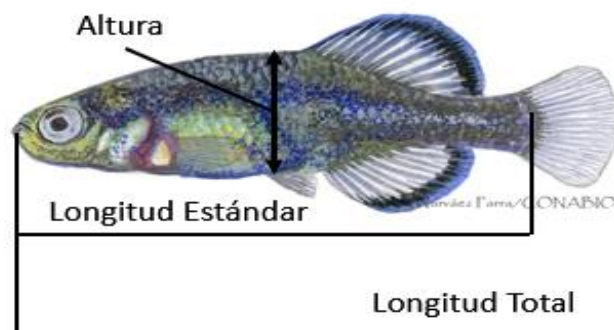


Figura 1. Esquema de la longitud total, longitud estándar, y altura (Naturalista 2018. En: <https://www.naturalista.mx/taxa/101459-Girardinichthys-viviparus>)

6.4 Variables fisicoquímicas

Para mantener las condiciones adecuadas de cada una de las peceras, se realizaron mediciones de los parámetros fisicoquímicos del agua de forma quincenal; el pH se obtuvo con un potenciómetro digital marca Hanna instrument, mientras que la toma de los nitritos (NO_2^-), nitratos (NO_3^-) y amonio (NH_3^+), se utilizó un fotómetro multiparamétrico (Hanna).

6.5 Cálculos de las variables y análisis estadístico

Se utilizaron las siguientes fórmulas para conocer la tasa de crecimiento de los peces y la ganancia de peso a lo largo del experimento. (Vinchira *et al.*, 2014).

- Sobrevivencia (S , %) = (Número de peces final / Número de peces inicial) x 100
- Ganancia diaria de peso (GDP, g/d) = (Biomasa final acuario (g) - biomasa inicial acuario (g)/ tiempo (d)
- Consumo aparente de alimento (CON, g/d) = Alimento ofrecido periodo (g) / tiempo (d)
- Tasa específica de crecimiento (TEC, %/d) = $[(\ln \text{biomasa final (g)} - \ln \text{biomasa inicial (g)}) / \text{tiempo (d)}] \times 100$
- Ganancia diaria de peso (GDP, g/d) = (Peso final acuario (g) - Peso inicial acuario (g)/tiempo (d)

Conforme se fueron obteniendo los datos, se procedió a integrarlos en una base de datos en Excel para realizar contrastes en el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS®) esto con la finalidad de comparar las variables de crecimiento con las diferentes dosis de selenio haciéndose un análisis de varianza (ANOVA) (Wayner, 1995).

VII. RESULTADOS

Aunque no hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) para ninguna variable al finalizar el proyecto, si hubo aumento en peso, biomasa, longitud total, longitud estándar y altura, así como para GDP y TEC siendo los valores más altos, para el control, sin embargo, Para el caso de la sobrevivencia, los valores mas altos, los obtuvieron las dietas con suplemento, siendo el resultado mas alto, la dieta complementada con mayor cantidad de Selenio.

Cuadro 1. Efecto de selenio en el crecimiento de Mexcalpique

Variables	Dietas			EEM	L	Q
	Control	Se A (0.10 mg Se)	Se B (0.20 mg Se)			
<i>n</i>	60	60	60			
Inicial						
Peso(mg)	88 ± 27	68 ± 2	64 ± 11	0.010	0.136	0.565
Biomasa (g/40L)	1.768 ± 0.553	1.376 ± 0.058	1.282 ± 0.224	0.200	0.139	0.567
LT (cm)	1.85 ± 0.01	1.74 ± 0.06	1.77 ± 0.04	0.273	0.084	0.08
LE (cm)	1.51 ± 0.04	1.44 ± 0.05	1.46 ± 0.02	0.261	0.233	0.219
Alto (cm)	0.44 ± 0.02	0.44 ± 0.01	0.43 ± 0.07	0.098	0.926	0.832
Final						
<i>n</i>	40	47	50			
Peso (mg)	408 ± 126	210 ± 10	310 ± 57	0.046	0.184	0.169
Biomasa (g/40L)	5.28 ± 0.810	4.25 ± 0.663	5.15 ± 1.078	0.500	0.860	0.166
GDP (mg/día)	2.3 ± 0.7	1.4 ± 0.079	1.8 ± 0.3	0.0002	0.201	0.139
TEC (%/día)	0.237 ± 0.076	0.149 ± 0.007	0.182 ± 0.035	0.028	0.219	0.132
LT (cm)	2.9 ± 0.17	2.74 ± 0.07	2.79 ± 0.12	0.749	0.133	0.2
LE (cm)	2.50 ± 0.17	2.27 ± 0.09	2.27 ± 0.01	0.731	0.062	0.244
Alto (cm)	0.91 ± 0.17	0.72 ± 0.02	0.84 ± 0.04	0.602	0.45	0.092
S (%)	66.67	78.33	83.33	6.400	0.117	0.688

n= Número de peces por tratamiento, LT= Longitud Total, LE= Longitud Estándar, ALT= Altura, GDP= Ganancia de peso diario, TEC= Tasa específica de crecimiento, S= Supervivencia.

De acuerdo con los resultados obtenidos se observó un cambio significativo en los días 15 y 60 del experimento ($P < 0.05$), siendo mayor el crecimiento en peso y longitud estándar en el grupo de peces sin el suplemento (Figura 2 a y b).

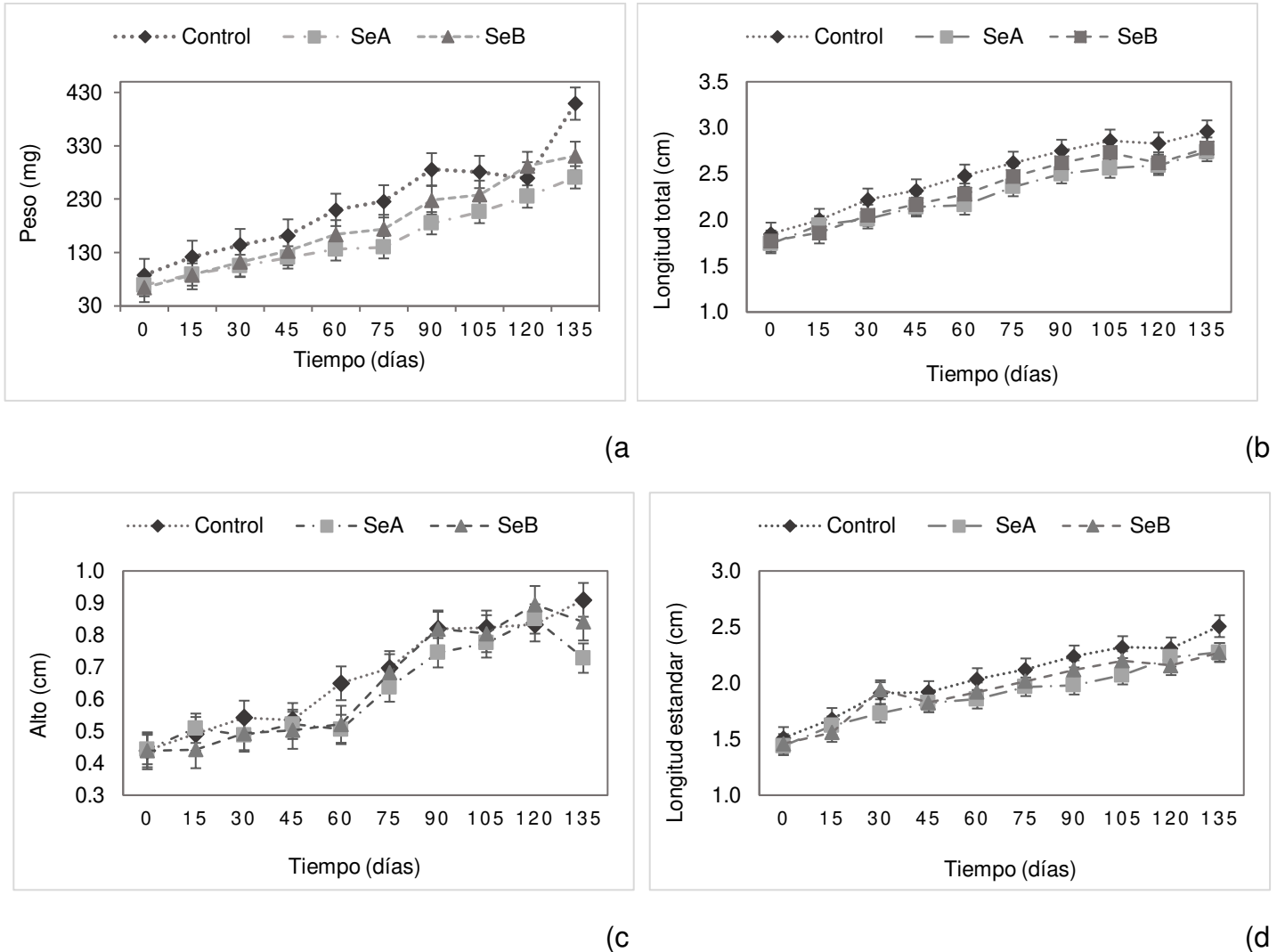


Figura 2. Variables de peso, alto, longitud total y longitud estándar con los 3 tratamientos.

Los cambios en la supervivencia se notan desde el tiempo 2 (día 15 del experimento), siendo los valores más altos los de las dietas con suplemento. Para el día 60 la dieta con suplemento mejoro la supervivencia para ambas pruebas (SeA y SeB), siendo mayor en la dieta con mayor dosis de selenio, y el grupo control, el que menos supervivencia logro al final del experimento (Figura 3d), Para el caso de

GDP, fue el resultado inverso, obteniendo mejores resultados para el grupo control (Figura 3b).

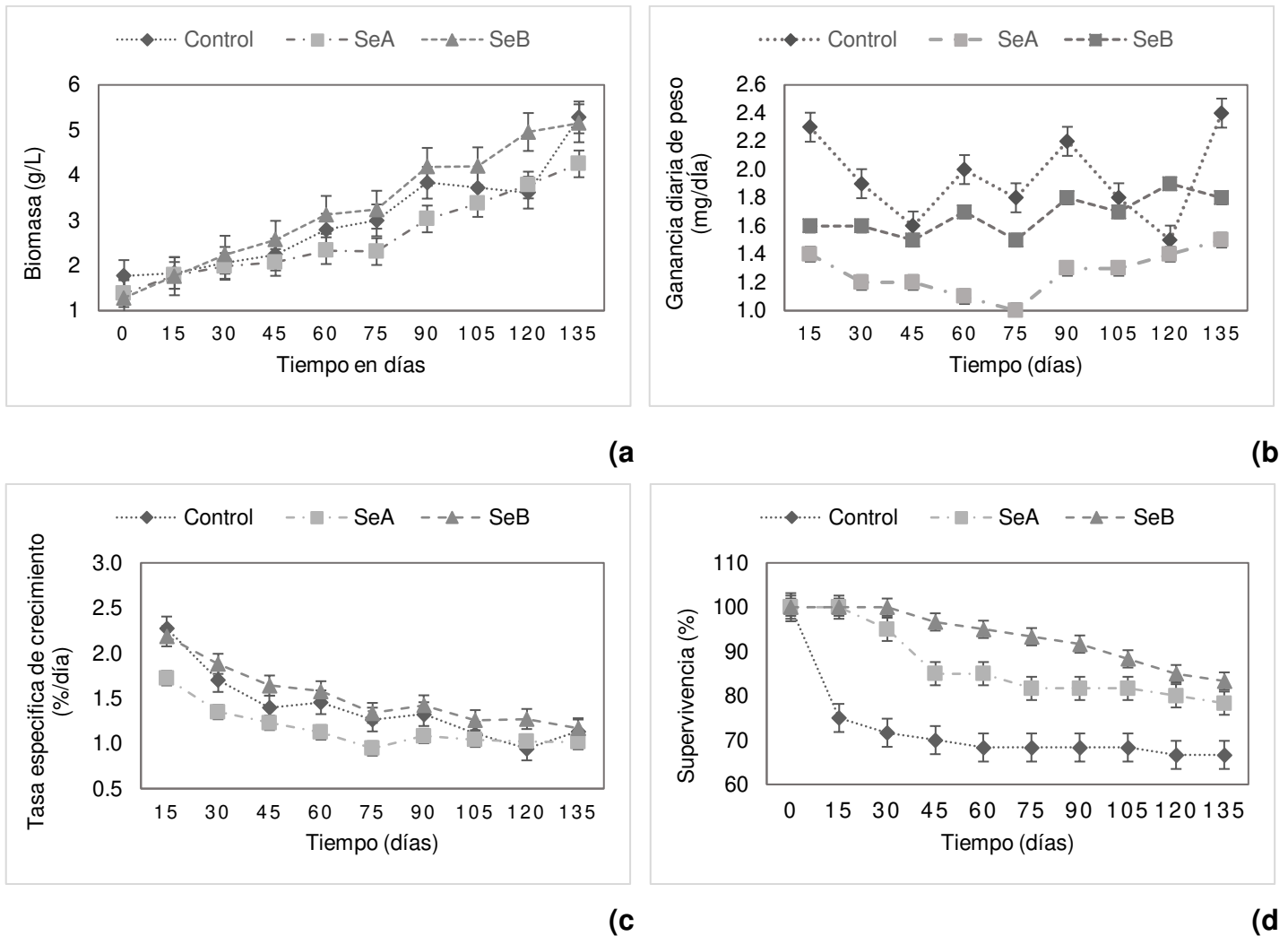


Figura 3. Grafica que muestra la biomasa, GDP, TEC y supervivencia entre los tres tratamientos (SeA=0.10 mgSe, SeB =0.20 mgSe, y el grupo de control sin selenio), durante 9 semanas.

VIII. DISCUSIÓN

Los resultados de ganancia de peso mostraron un aumento en todos los tratamientos, sin embargo, aunque no fue significativo ($P < 0.05$), se destaca el hecho de que aunque el control tuvo un peso mayor desde el inicio del experimento (88 ± 27 mg) respecto a los demás tratamientos (SeA: 68 ± 2 mg y SeB 64 ± 11 mg), todos lograron un aumento en peso (Control: 408 ± 126 mg, SeA: 210 ± 10 mg, SeB: 310 ± 57). En comparación con los resultados obtenidos por Rodríguez y Rojas en 2014, donde obtuvieron resultados de ganancia de peso en truchas con dieta complementada con Vitamina E y Selenio, donde lograron una ganancia de peso promedio de 17.57 ± 1.39 kg/día para el grupo de 200 peces, en comparación con las truchas del grupo control (T1) con 11.61 ± 1.06 kg/día ($p < 0.05$), lo cual indica un incremento de 51%. Este promedio alto, es debido quizá a la dieta que fue enriquecida no solo con selenio, si no también con Vitamina E pues ésta cumple la función antioxidante, evitando la reacción de los radicales libres con moléculas como los ácidos grasos de las membranas celulares y grasas que circulan por la sangre.

Vinchira y Muñoz-Ramírez 2010, mencionan que hay tanto efectos tóxicos como benéficos, provocados por los niveles elevados y/o bajos de selenio y que este efecto se puede manifestar como reducción o incremento en el crecimiento, eficiencia alimenticia e incremento en la mortalidad de los peces, Por lo que como se muestra en los resultados obtenidos en este experimento, fueron muy variables. En el caso de la supervivencia, se obtuvieron valores que van desde el 67% (para el control), 78% para la dieta con 0.10 mgSe (SeA), siendo el más alto 83% que es la dieta con mayor cantidad de selenio suplementado (0.20 mgSe; SeB).

La tasa específica de crecimiento (TEC) durante todo el experimento fue disminuyendo con el tiempo, pero se mantuvo entre los valores considerados normales para este ciclo productivo, sin embargo, Vilchira *et. al* 2014 menciona que en otros estudios evaluaron la suplementación de seleno-levadura (0.00-1.00 mg/kg) en dietas prácticas para reproductores de tilapia nilótica sin encontrar diferencias significativas en términos de crecimiento y consumo de alimento. Por lo

que, menciona que existen reportes de efectos con concentraciones de selenio inferiores a 0.10 mg.

Es importante resaltar que a pesar de que no hubo aumento significativo en ningún valor (Peso, LT, LE, AL, biomasa ni GDP) para las dietas suplementadas con diferentes dosis de selenio, sin embargo, si se observó un aumento positivo en la supervivencia en ambas dietas suplementadas con selenio, siendo la supervivencia mayor para la dieta con mayor cantidad de selenio suplementado, esto quizá debido a que el selenio juega un papel muy importante para la protección a las células y membranas celulares contra el daño oxidativo, pues mantiene una respuesta inmune como o menciona Chhorn y Klesius en el 2000.

IX. CONCLUSIONES

El selenio un mineral traza que es indispensable para los peces, siendo un buen aliado para la supervivencia, así como para el sistema inmune de los peces, quizá aumentar la dosis o el tiempo de experimento mejore los resultados y se pueda obtener significancia en los demás valores investigados.

X. REFERENCIAS

- Bautista-Hernández, C. E., Scott Monks y Pulido-Flores, G. 2008. *Registro Helminológico de Girardinichthys viviparus (Bustamante, 1837) Del Lago De Tecocomulco, Hidalgo, México*. Área Académica De Biología, Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo. Pp. 77-81
- Castillo-Castro, B. I. 1997. Evaluación de la población del Mexcalpique en el Lago Nabor Carrillo. In Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, 11 FEMISCA. Pp. 1-7.
- Chhorn, L. y P.H. Kleisus. 2000. *El papel de los minerales traza en la salud de los peces*. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Fish Diseases and Parasites Research Laboratory, USA. Consultado el 16 de mayo de 2018 en http://www.uanl.mx/utillerias/nutricion_acuicola/IV/archivos/18limr_hn.pdf
- Cruz-Gómez, A. y Rodríguez-Varela, A. 2006. *El Mexcalpique, en peligro de extinción, se reproduce y mantiene en Iztacala*. Gaceta Iztacala. Universidad Nacional Autónoma Metropolitana FES Iztacala. (287). Pp.2.
- De la Vega-Salazar, M. Y. 2005. *Estado de conservación de los peces de la familia Goodeidae (Cyprinodontiformes) en la mesa central de México*. Revista de Biología Tropical. Departamento de Ecología Evolutiva, Instituto de Ecología UNAM). 54(1). Pp.163
- Díaz-Pardo, E. 2002. *Girardinichthys viviparus. Peces en riesgo de la Mesa Central de México*. Laboratorio de Ictiología y Limnología, Departamento de Zoología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W039. México. Pp.1-6
- Domínguez-Domínguez, O. y Pérez-Ponce de León G. 2007. *Los goodeidos, peces endémicos del centro de México*. CONABIO. Biodiversitas 75(12). Pp. 12.
- Domínguez-Domínguez, O., Zambrano, L., Escalera-Vázquez, L. H., Pérez-Rodríguez, Rodolfo y Pérez-Ponce de León, G. 2008. *Cambio en la distribución de goodeidos (Osteichthyes: Cyprinodontiformes: Goodeidae) en cuencas hidrológicas del centro de México*. Rev. Mex. Biodiv. vol.79(2). México.
- Espinosa-Pérez, H. 2014. *Biodiversidad de peces en México*. Colección Nacional de Peces, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F., México.
- Espinoza-Espinal, M. 2007. *Nutrición y alimentación de peces*. Area de nutrición y alimentación Managua. Centro de Investigacion de Ecosistemas Acuaticos. Universidad Centroamericana. Pp. 20

- Naturalista (*Girardinichthys-viviparus*). 2018. imagen obtenida de: <https://www.naturalista.mx/taxa/101459-Girardinichthys-viviparus> editada en Power Point.
- Lim, C. y Kleisus. P. H. 2000. *El papel de los minerales traza en la salud de los peces*. Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B.C.S., México. Pp. 270-281.
- Martínez-Palacios C. A. y Ríos Durán. M. G. 2018. *Aspectos de la Alimentación de los Peces y el Uso de Microagregados en Acuicultura*. Consultado en: <https://es.scribd.com/document/242581428/digestion-peces-pdf>. Pp. 15.
- Miranda, R., Galicia, D., Pulido-Flores, G. y Monks, S. 2008. *First record of Girardinichthys viviparus in Lake Tecocomulco, Mexico*. Journal of Fish Biology (73). Pp. 318.
- Montesino-González L. 2013. *Edad y crecimiento de Girardinichthys viviparus en el lago urbano de la Alameda Oriente*. Tesis para el título de Biólogo. Universidad Nacional Autónoma De México Facultad De Estudios Superiores Zaragoza Carrera De Biología, D.F. Pp. 79
- Nakagawa, H., Sato, M. y Gatlin, D. 2007. *Dietary supplements for the health and quality of cultured fish*. 1era ed. Cambridge. Pp. 75.
- Navarrete-Salgado, N., Contreras-Rivero, G., Elías-Fernández, G., y Rojas-Bustamante, M. L., 2004. *Situación de Girardinichthys viviparus (especie amenazada) en los Lagos de Chapultepec, Zumpango y Requena*. Revista de Zoología. Universidad Nacional Autónoma de México Tlalneantla, México. Num.15. Pp. 1-6.
- Navarrete-Salgado, N. A., Rojas-Bustamante, M. L., Contreras-Rivero, G., y Elías-Fernández, G. 2007. *Alimentación de Girardinichthys multiradiatus (Pisces: Goodeidae) en el embalse La Goleta, Estado de México*. Ciencia Ergo Sum, Universidad Autónoma del Estado de México Toluca, México. vol.14. Pp. 63-68
- NORMA Oficial Mexicana. 2010. NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Segunda Sección. En: http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf
- Rodríguez, H. P. y Rojas, S. M. 2014. *“Efecto de dietas enriquecidas con vitamina e y selenio orgánico en el comportamiento productivo y calidad funcional del filete de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss)”*. Revista de Investigación Veterinaria Perú. Lima Perú. 25(2). Pp. 213-225.

- Rodríguez-Papuico, H. 2014. "Efecto de dietas enriquecidas con vitamina e y selenio orgánico en el comportamiento productivo y calidad funcional de la carne de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)". Universidad Nacional Agraria la Molina Escuela de Postgrado. Programa doctoral en ciencia animal. Lima Perú. (150). Pp. 1-40.
- Tacon, A. G. 2008. *Nutrición y Alimentación de Peces y Camarones Cultivados Manual de Capacitación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)*. Consultado el 16 de mayo de 2018 en: www.fao.org.
- Torres-Novoa, D. M. y Hurtado-Nery, V. L. 2012. *Requerimientos nutricionales para Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*)*. Universidad de los Llanos Villavicencio, Meta. Colombia Vol.16. No 1.
- Trujillo-Jiménez, P. y Espinosa de los Monteros Viveros, E. 2006. *La ecología alimentaria del pez endémico *Girardinichthys multiradiatus* (Cyprinodontiformes: Goodeidae), en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México*. Biología Tropical. Pp. 54(4): 1247
- UICN. 2016. Lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza de especies amenazadas. En: <https://portals.iucn.org/library/node/46789> (Consultado el 16 de mayo del 2018)
- Uscanga-Martínez, A., Moyano-López, F. J. Álvarez-González, C.A., Perales-García. 2011. *Aplicaciones a la Mejora de la Utilización Nutritiva del Alimento en Cíclidos Cultivados en México*. Avances en Nutrición Acuícola XI - Memorias del Décimo Primer Simposio Internacional de Nutrición Acuícola, San Nicolás de los Garza, N. L., México. ISBN 978-607-433-775-4. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. Pp. 46-104.
- Uzcátegui, J. P. 2013. *Evaluación de dietas con diferente contenido proteico sobre el desempeño productivo de alevines del híbrido Cachamay (*Piaractus brachypomus* ♀ x *Colossoma macropomum* ♂) en condiciones de cautiverio*. Tesis de Maestría Universidad del Zulia. Venezuela. Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XXIV, N° 5. Pp. 458-465.
- Valdés-González, A. 2014. *Observaciones sobre la reproducción y mantenimiento de *Characodon lateralis* y *Characodon audax* bajo condiciones de cautiverio*. XIV Congreso Nacional y Simposio Latinoamericano de Ictiología. Centro de resguardo para peces en peligro de extinción. Pp. 1-23.
- Vega-López, A., L. Martínez-Tabche y M. G Martínez. 2007. *Toxic effects of waterborne polychlorinated biphenyls and sex differences in an endangered goodeid fish (*Girardinichthys viviparus*)*. Environment International, 33(4). Pp. 541.

- Vinchira, J. E., Wills, G. A., Muñoz. A. P. 2014. *Desempeño Productivo, Composición y Biodisponibilidad Relativa de Selenio en Tilapia Nilótica Oreochromis Niloticus Suplementada con Selenio Orgánico e Inorgánico*. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 61(2). Pp. 182-202.
- Watanabe, T., Kiron, V. y Sato, S. 1997. *Trace minerals in fish nutrition*. *Aquaculture* 151(1). Pp. 185-207.
- Wayner W. Daniel. 1995. *Bioestadística Base para el análisis de las ciencias de la salud*. Primera edición de la quinta edición en inglés. Editorial Limusa, S. a. de C. V. Grupo Noriega Editores. Balderas 96, México, D.F. Caniem Num. 121. Pp. 17-777.
- Zúñiga, V. J. 2005. *El significado adaptativo de la superfetación en peces vivíparos*, Distrito Federal, México. Congreso Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México. Pp. 1.