

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

**Evaluación del crecimiento de crías de  
mexcalpique *Girardinichthys viviparus* en  
cautiverio, a partir de una base de datos**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE BIÓLOGO  
PRESENTA

**Efraín Esteban Valencia Mendoza**

Matrícula: 2162034186

ASESORES:

**Dra. Gabriela Vázquez Silva (No. Eco. 30288)**  
**Laboratorio de Limnobiología y Acuicultura**

**M. en C. Germán Castro Mejía (No. Eco. 23759)**  
**Laboratorio de Alimento Vivo**

## CONTENIDO

RESUMEN	2
INTRODUCCIÓN	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Distribución geográfica del mexcalpique	4
Anatomía y morfología del mexcalpique	4
Hábitat	5
Alimentación en vida silvestre y en cautiverio	5
Cortejo y reproducción	5
La superfetación en el mexcalpique	6
La matrotrofia en el mexcalpique	6
Características del desarrollo y crecimiento del mexcalpique	6
Modelos utilizados para la evaluación del crecimiento en peces	7
Modelo de crecimiento de Gompertz	7
Modelo de crecimiento Logístico (Verhulst, 1839)	8
OBJETIVO GENERAL	8
OBJETIVOS PARTICULARES	8
MATERIALES Y MÉTODOS	9
Cálculos de estimadores de crecimiento	9
Crecimiento Absoluto	9
Factor de Condición	9
Tasa Específica de Crecimiento	10
RESULTADOS	10
Tasa de Crecimiento y Crecimiento Absoluto	13
Factor de Condición	16
Tasa Específica de Crecimiento	16
DISCUSIÓN	18
CONCLUSIÓN	19
LITERATURA CITADA	20

## RESUMEN

*Girardinichthys viviparus*, es un pez que actualmente se encuentra en peligro de extinción a causa de un aumento en el deterioro de su hábitat consecuente de la sobreexplotación y contaminación del medio provocando un futuro desalentador para la especie. El estudio sobre el desarrollo y crecimiento de *G. viviparus* en cautiverio aporta información importante para su manejo y conservación. Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento de crías de mexcalpique *G. viviparus* en cautiverio a partir de una base de datos proporcionada por el Laboratorio de Limnobiología y Acuicultura de la UAM Unidad Xochimilco. El trabajo se realizó de forma remota, trabajando con la base de datos y utilizando cálculos de parámetros de crecimiento, como: Crecimiento absoluto, Factor de condición y Tasa Específica de Crecimiento, se obtuvo como resultado que las condiciones del hábitat de las crías de *G. viviparus* en cautiverio fueron las óptimas para un crecimiento favorable, ya que en cuanto a longitud total presenta una tasa de crecimiento positivo, con una  $R^2$  de 0.9955, mientras que en la longitud estándar se encuentra con una  $R^2$  de 0.09909, lo que indica que el crecimiento óptimo comienza con 1.4 cm de longitud va incrementando a través de las semanas hasta llegar a 1.53 cm, la tasa de crecimiento absoluto reporta un incremento en cuanto a la talla, superando los 5 cm, mientras que el peso alcanza los 50 mg. El grado de bienestar que se presenta refleja condiciones óptimas durante todas las semanas que duró el estudio, reportando una  $R^2$  de 0.9137. Con lo que se concluye que el crecimiento y desarrollo de mexcalpique *G. viviparus* en cautiverio podría presentarse como una alternativa para la conservación de esta especie, ya que se beneficia de las condiciones óptimas para un buen desarrollo y crecimiento.

**Palabras clave:** *G. viviparus*, tasa específica de crecimiento, crecimiento absoluto

## INTRODUCCIÓN

La Mesa Central de México es uno de los altiplanos tropicales más extensos del planeta, al estar casi completamente rodeada de sistemas montañosos, la hace un lugar adecuado para albergar a los humedales dulceacuícolas más importantes del país, por esta razón se presenta una gran diversidad de peces, siendo en su mayoría especies endémicas (Domínguez-Domínguez, 2007).

En México se estima que sólo 10 familias de peces son las que aportan la mayor cantidad de endemismo al país, entre ellas se encuentra la familia Goodeidae, conformada aproximadamente por 21 géneros y 45 especies, que se divide en dos subfamilias: Empetrichthynae y Goodeinae (Domínguez-Domínguez, 2007; Bautista-Hernández *et al.*, 2008). Esta última presenta mayor diversidad, ya que se conforma por 19 géneros y 41 especies, las cuales se encuentran distribuidas en las partes altas del Altiplano Central Mexicano y en algunos lagos cercanos (Domínguez-Domínguez, 2007). Dentro de la subfamilia Goodeidae se encuentra el género *Girardinichthys* que está compuesto por tres especies: *G. viviparus*, *G. multiradiatus* y *G. irenae*.

Actualmente la distribución de *Girardinichthys* es restringida y en el caso de *G. viviparus* se encuentra clasificado dentro de la NOM-059-2010 como una especie en peligro de extinción (Navarrete-Salgado *et al.*, 2003), de hecho, es considerada como uno de los grupos de peces con mayor riesgo de extinción en el mundo (Domínguez-Domínguez, 2007). Al respecto, es alarmante que no sólo el género *Girardinichthys* se encuentre en peligro de extinción, sino también todos los goodeidos mexicanos (Cruz-Gómez *et al.*, 2006; Bautista-Hernández *et al.*, 2008).

La sobreexplotación del medio y el aumento de la contaminación han contribuido al deterioro de su hábitat, sumando la deforestación de las cuencas, la introducción de especies exóticas y la modificación del hábitat, que conlleva a predecir un futuro desalentador para la existencia de esta especie. El conocimiento del desarrollo y crecimiento del mexcalpique *G. viviparus* en cautiverio aporta información valiosa para su manejo y conservación *ex situ* dada la problemática anteriormente mencionada. Por lo tanto, se pretende evaluar el crecimiento de crías de mexcalpique *Girardinichthys viviparus* en cautiverio a partir de una base de datos proporcionada por el Laboratorio de Limnobiología y Acuicultura de la UAM Unidad Xochimilco

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Distribución geográfica del mexcalpique

La distribución de esta especie se encuentra limitada en la Cuenca de México, habitan en cuerpos de agua pertenecientes a la Ciudad de México, Estado de México e Hidalgo como: los lagos de Chalco, Zumpango, Iztapalapa, Texcoco, Xochimilco, Chapultepec Tláhuac, entre otros pequeños canales cercanos (Navarrete-Salgado *et al.*, 2003; Cruz-Gómez *et al.*, 2006; Bautista-Hernández *et al.*, 2008). Y estudios en diferentes instituciones lo han podido reproducir en cautiverio (Cruz-Gómez *et al.*, 2006). Sin embargo, en algunos de estos cuerpos de agua, como en los lagos de Chalco y Texcoco, estas especies han desaparecido debido al aumento descontrolado de la contaminación en los ecosistemas (Bautista-Hernández *et al.*, 2008).

### Anatomía y morfología del mexcalpique

Presentan un alto grado de dimorfismo sexual, aunque ambos sexos son de color verde olivo brillante en el dorso con franjas oscuras en los costados y de un color blanquecino el resto del cuerpo; sin embargo, pueden cambiar de color a un tono más opaco, aparecen líneas negras en las aletas impares y una mancha genital oscura, esto sucede cuando la hembra está receptora al macho (Díaz-Pardo, 2002). Estos organismos llegan a tener una longitud máxima de 65 mm, las hembras son generalmente más grandes en talla que los machos, ya que llegan a medir 39 mm en comparación a los 27 mm que llega alcanzar el macho (Navarrete-Salgado *et al.*, 2003).

Una de las características que a este género es el número de radios en las aletas: la aleta dorsal presenta aproximadamente de 18 a 26 radios, mientras que la aleta anal con frecuencia presenta de 20 a 27 radios (Díaz-Pardo, 2002; Bautista-Hernández *et al.*, 2008; Sedeño-Díaz *et al.*, 2009) tiene dientes de tipo cónicos, por lo general presenta de 15-18 branquiespinas (Sedeño- Díaz *et al.*, 2009), cuenta con 40 a 45 escamas en una serie longitudinal. La altura máxima del cuerpo es 3 a 3.5 veces y longitud cefálica más o menos 4 veces en la longitud patrón. Los machos presentan una aleta anal modificada en los primeros radios, en forma de lóbulo copulatorio llamada espermatopodio, que funciona como órgano que facilita la conducción del esperma al poro genital de la hembra (Navarrete-Salgado *et al.*, 2003; Domínguez-Domínguez, 2007).

## Hábitat

No tienen preferencia por algún tipo de ecosistemas, ya que se ha observado un desarrollo adecuado en aguas corrientes, cuerpos de agua lacustres naturales y artificiales; de igual forma se encuentran aguas dulces y en ocasiones con altas concentraciones de sal (Díaz-Pardo, 2002). Aunque para tener un óptimo desarrollo el hábitat se compone de aguas lenticas templadas, claras o medias turbias, a esta especie le gustan los fondos arenosos o con grava, orillas con algas y un ligero oleaje. Sus requerimientos mínimos ambientales son: temperatura de 18 a 25 °C, oxígeno de 5 a 8 ppm y un pH de 7.2 a 7.6 (Montesino-González, 2013).

Anteriormente la cuenca estaba casi totalmente ocupada por distintos complejos lacustres que se interconectaban permitiendo un flujo constante, posteriormente fenómenos naturales y actividades relacionadas al aumento del crecimiento urbano, como: uso de fertilizantes agrícolas, extracción de pozos y la introducción de especies exóticas, han contribuido al deterioro y disminución de su hábitat natural (Domínguez-Domínguez *et al.*, 2008).

## Alimentación en vida silvestre y en cautiverio

Es un organismo con una alimentación variada, ya que en la naturaleza obtienen el alimento de la superficie del agua, pasando por diferentes niveles de la columna de agua, tienen disponibilidad en su mayoría, a organismos de origen animal (insectos) agrupados en diferentes Ordenes, como: Hymenoptera, Odonata, Ephemeroptera, Diptera, Thysanoptera, Hemiptera, Coleoptera y Collembola, complementando su dieta con componentes de origen vegetal como lo son las algas filamentosas (Díaz-Pardo, 2002; Bautista-Hernández *et al.*, 2008), por lo tanto su dieta en cautiverio es semejante, ya que principalmente se basa en la pulga de agua (*Daphnia pulex*) y alimento para peces en hojuela, este alimento aporta los nutrientes necesarios para un óptimo desarrollo (Cruz-Gómez *et al.*, 2006).

## Cortejo y reproducción

La fecundación es interna y el desarrollo embrionario se realiza dentro de la hembra, cuando se encuentra próxima al parto, comprime el abdomen, liberando una bolsa con las crías completamente desarrolladas, es decir, es un pez vivíparo (Díaz-Pardo, 2002; Navarrete-Salgado *et al.*, 2003). Presentan un cortejo prenupcial complejo, el cual consiste en exhibiciones de movimientos y danzas por parte de los machos (Domínguez-Domínguez, 2007). El ciclo reproductivo es múltiple y las crías nacen de manera continua entre marzo y octubre, intensificándose en mayo y junio, se detiene de noviembre a febrero. 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 es de 8 a 32 crías (promedio 17), y en el nacimiento de las crías son de 16 mm de longitud total promedio (Díaz-Pardo, 2002).

El periodo 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 (Sedeño-Díaz *et al.*, 2009) aunque también se ha reportado que en un periodo de tres a cuatro meses adquieren la madurez sexual y se empiezan a reproducirse (Cruz-Gómez *et al.*, 2006). Las crías nacen en un mayor porcentaje durante mayo y junio, lo cual probablemente se relacione con el clima cálido de estos meses. Se ha observado que la época de reproducción se inhibe cuando la temperatura es menor a 19°C (Bautista-Hernández *et al.*, 2008).

### **La superfetación en el mexcalpique**

Al ser un pez con mecanismo de reproducción vivíparo, presenta diferentes cualidades que le permiten llevar a cabo este mecanismo. Otro rasgo característico que presentan estos peces en la “superfetación”, la cual se define como la capacidad que tienen las hembras para llevar dentro de su tracto reproductor y de manera simultánea a múltiples embriones en distintos estadios de desarrollo (Montesino-González, 2013).

### **La matrotrofia en el mexcalpique**

Las hembras ya estando grávidas presentan una estructura especializada llamada “trofoidea” que consiste en un alargamiento intestinal o un proceso embrionario rectal, esta estructura se forma en la parte ventral a la altura del ano una vez que el embrión es expulsado hacia el lumen del ovario, donde continuará su desarrollo. Este mecanismo permite la obtención de nutrientes y macromoléculas como lípidos y proteínas, ayudando también al intercambio de gases, además de que participa en el proceso de osmorregulación, excreción, y como una conexión entre el sistema endocrino e inmunológico provenientes de ambos (Domínguez-Domínguez, 2007; Vega-López *et al.*, 2007).

### **Características del desarrollo y crecimiento del mexcalpique**

Las crías de los Goodeidos nacen completamente desarrolladas, lo que aporta un gran porcentaje de supervivencia, pero presenta una desventaja notoria en el número de crías, ya que el número es menor en comparación a peces ovíparos (Domínguez-Domínguez,

2007). La reproducción se ha logrado en cautiverio y en promedio cada hembra da a luz a 18 crías, las cuales en un período de tres a cuatro meses alcanzan la madurez sexual (Cruz-Gómez *et al.*, 2006). El número de crías tiene una marcada relación con respecto al tamaño de las hembras. En aquellas hembras que miden mayor tamaño tienen un promedio de 20 a 30 (Bautista-Hernández *et al.*, 2008), aunque se han reportado alumbramientos mayores a 48 crías, la longitud promedio de nacimiento es de 16 mm (Díaz-Pardo, 2002).

### **Modelos utilizados para la evaluación del crecimiento en peces**

El crecimiento de los peces se puede definir básicamente como la determinación del tamaño corporal en función a la edad (Sparre *et al.*, 1997). La importancia de estudiar el crecimiento de un organismo radica en cómo destinan la energía proveniente de su alimento, es decir, si la energía es aprovechada en el desarrollo reproductivo o en la actividad del propio organismo (Arzola-Sotelo, 2013).

El desarrollo y crecimiento son influenciados por distintos factores como; genéticos, abióticos y bióticos. Dentro de los factores genéticos se encuentran la madurez sexual, diferencias entre sexos y conductas de patrones heredados. Las estaciones del año y la temperatura influyen como un factor abiótico en el crecimiento de los peces, ya que esta fluctuación afecta al metabolismo y la alimentación (Arzola-Sotelo, 2013). Los factores bióticos van a determinar el alimento y el espacio disponible. A causa de estas variables los peces no tienen un crecimiento constante, por lo tanto, al pasar el tiempo y llegar a la edad máxima el pez no habrá alcanzado su crecimiento máximo (Sparre *et al.*, 1997).

Las teorías o modelos son construidos por la ciencia para explicar los fenómenos observados y con ellos poder establecer relaciones, causas y explicaciones para entender el funcionamiento. Para determinar el crecimiento individual en los peces se emplean modelos matemáticos para describir este aspecto durante el ciclo de vida. Por lo tanto, los modelos aplicados al realismo biológico tratan de explicar la trayectoria de la relación edad-talla de una población. En general, estos datos se pueden obtener mediante el recuento de los anillos que representan edad en las partes duras, como escamas y otolitos. Estos anillos se forman por las fuertes fluctuaciones ambientales a las que está sometido el ambiente (Sparre *et al.*, 1997). Actualmente se han elaborado varios métodos numéricos que permiten convertir las frecuencias de tallas en composición por edades, siendo una interpretación más fiable a comparación de la medida de los anillos de crecimiento.



### **Modelo de crecimiento de Gompertz**

Este modelo asume que la tasa de crecimiento postnatal se incrementa monótonicamente hasta cuando alcanza un máximo y después decrece en forma monótona asintóticamente. La correspondiente curva de crecimiento es una sigmoideal, con un punto de inflexión, el cual corresponde a la máxima tasa de crecimiento con la edad (Casas *et al.*, 2010).

La ecuación de Gompertz surge a partir de modelos de crecimiento autorregulados, donde la tasa de crecimiento decrece exponencialmente con el tiempo después de alcanzar el punto de inflexión (Arzola-Sotelo, 2013; Trinidad-Bello, 2014).

### **Modelo de crecimiento Logístico (Verhulst, 1839)**

El modelo de crecimiento logístico se ha utilizado para describir el crecimiento poblacional proponiendo que ninguna población puede crecer sin límite a un tamaño infinito (Hidalgo de la Toba, 2015). Según Verhulst, en las etapas iniciales las poblaciones presentan un crecimiento exponencial, después de poco tiempo se presenta un punto de inflexión a partir del cual la tasa de crecimiento disminuye, posteriormente el número de individuos no cambia con el tiempo (Ulloa-Ibarra *et al.*, 2010; Arzola-Sotelo, 2013).

El modelo logístico describe un patrón sigmoideo simétrico que posee dos asíntotas horizontales, una inferior en  $Lt=0$  y otra superior en  $Lt=L\infty$ . A del modelo de Gompertz, el punto medio de la curva o punto de inflexión ( $t_2$ ) se localiza en  $L\infty/2$  (Arzola-Sotelo, 2013).

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el crecimiento en talla y peso de crías de mexcalpique *Girardinichthys viviparus* en cautiverio, a partir de una base de datos.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

- Determinar el crecimiento en longitud total, longitud estándar y peso en crías de mexcalpique *Girardinichthys viviparus* en cautiverio.
- Estimar la Tasa Específica de Crecimiento y el Crecimiento Absoluto en crías de mexcalpique *Girardinichthys viviparus* en cautiverio.

- Determinar la relación talla-peso mediante el Factor de Condición en crías de mexcalpique *Girardinichthys viviparus* en cautiverio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La información fue recabada a partir de una base de datos generada en el Laboratorio de Limnobiología y Acuicultura de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. Dichos datos fueron tomados de la población en cautiverio de mexcalpique. La investigación se realizó de manera remota y desde casa, consultando a los asesores por vía electrónica o a través de plataformas digitales para las reuniones.

### Cálculos de estimadores de crecimiento

Con los datos registrados en la base de datos se procedió a realizar los cálculos de los parámetros de crecimiento en crías de mexcalpique, como se muestra a continuación.

### Crecimiento Absoluto

Busacker *et al.* (1990) definen al crecimiento absoluto como expresiones numéricas del crecimiento de todo el cuerpo de los peces, las cuales pueden basarse en cambios absolutos de longitud o peso. Tomando los valores de  $Y_f$  e  $Y_i$  como el peso o longitud final e inicial respectivamente, se obtiene el crecimiento absoluto de un organismo.

El Crecimiento Absoluto (CA) se estimará como:

$$CA \text{ (cm ó g)} = (Y_f - Y_i)$$

Donde,  $Y_f$ = peso o longitud final

$Y_i$ = peso o longitud inicial

En peces pequeños el requerimiento de alimento es mayor en comparación a peces más grandes y ya que la velocidad de crecimiento no determina el tiempo en que se alcanza el tamaño ideal, se emplea la Tasa de Crecimiento para determinar los g/(día, mes) adquirido durante la etapa en desarrollo.

## Factor de Condición

El uso del Factor de Condición permite obtener información sobre estrategias de crecimiento, estado nutricional y reproducción, también funciona como una herramienta que analiza cómo las condiciones ambientales afectan las poblaciones de peces. De igual manera este índice se ha empleado como indicador del “bienestar o idoneidad” general de la población en estudio. Para el cálculo de este índice se asume un crecimiento isométrico de los individuos, esto solo ocurre cuando las longitudes son iguales (Leyton *et al.*, 2015).

El Factor de Condición (FC) se calcula de la siguiente manera:

$$FC = [(P/LT^3)] \times 100$$

donde, P= peso final, LT= longitud total.

## Tasa Específica de Crecimiento

Las medidas de crecimiento expresadas en términos de algún intervalo de tiempo (día, mes, año) constituyen una tasa de crecimiento (Busacker *et al.*, 1990). Por ejemplo, si  $t_1$  es el tiempo al comienzo de un intervalo y  $t_2$  el tiempo al final, y si  $y_1$  e  $y_2$  son los respectivos tamaños de los peces en esos momentos (Busacker *et al.*, 1990; Soriano-Salazar *et al.*, 2002; Villarreal *et al.*, 2011).

$$TCE = [(\ln Y_2 - \ln Y_1) / (t_2 - t_1)] \cdot 100$$

Donde:  $\ln Y_1$  y  $\ln Y_2$  son el logaritmo natural del peso al inicio y al final de la fase de crecimiento

$t_2 - t_1$  la duración del experimento en días.

## RESULTADOS

Las condiciones del hábitat de los alevines de *G. viviparus* en cautiverio fueron las óptimas para un crecimiento positivo; la población total fue de 74 organismos, de los cuales se reporta su crecimiento durante 19 semanas, donde en las variables de longitud total, longitud estándar, altura y peso de  $R^2 = 0.9955$ ,  $0.9909$ ,  $0.9965$  y  $0.9997$  respectivamente, así mismo, se evaluó la relación peso longitud donde su ANOVA es de  $P > 0.005$  donde muestra diferencia significativa con  $R^2 = 0.9952$  como se observa en las figuras 1, 2, 3, 4 y 5, en general, se observa un crecimiento positivo en la población.

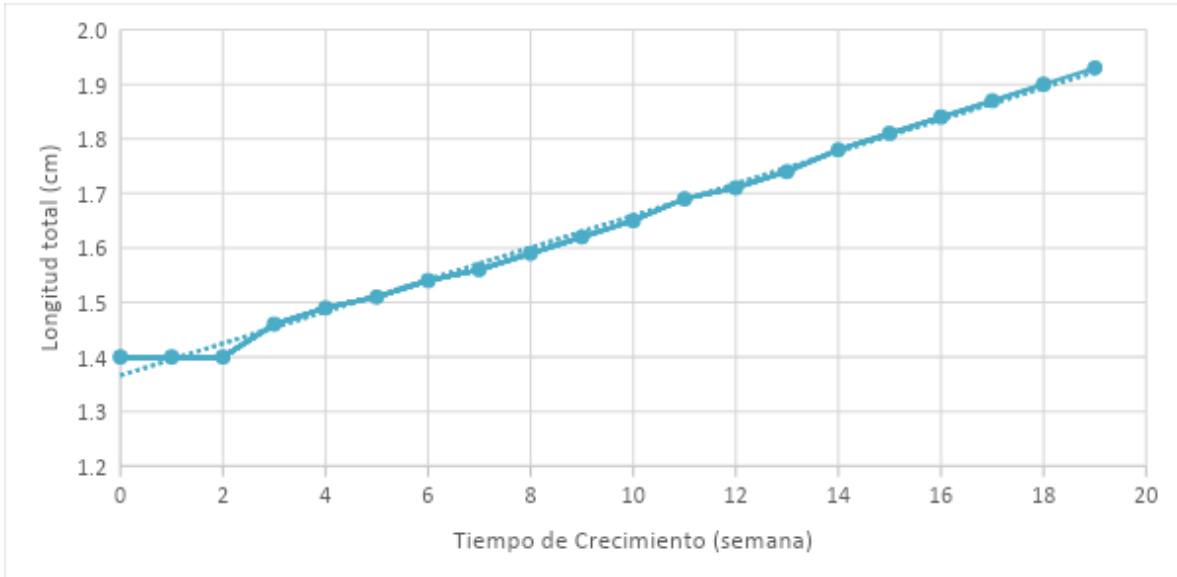


Figura 1. Relación longitud total - semanas de crecimiento de *G. viviparus* en cautiverio.

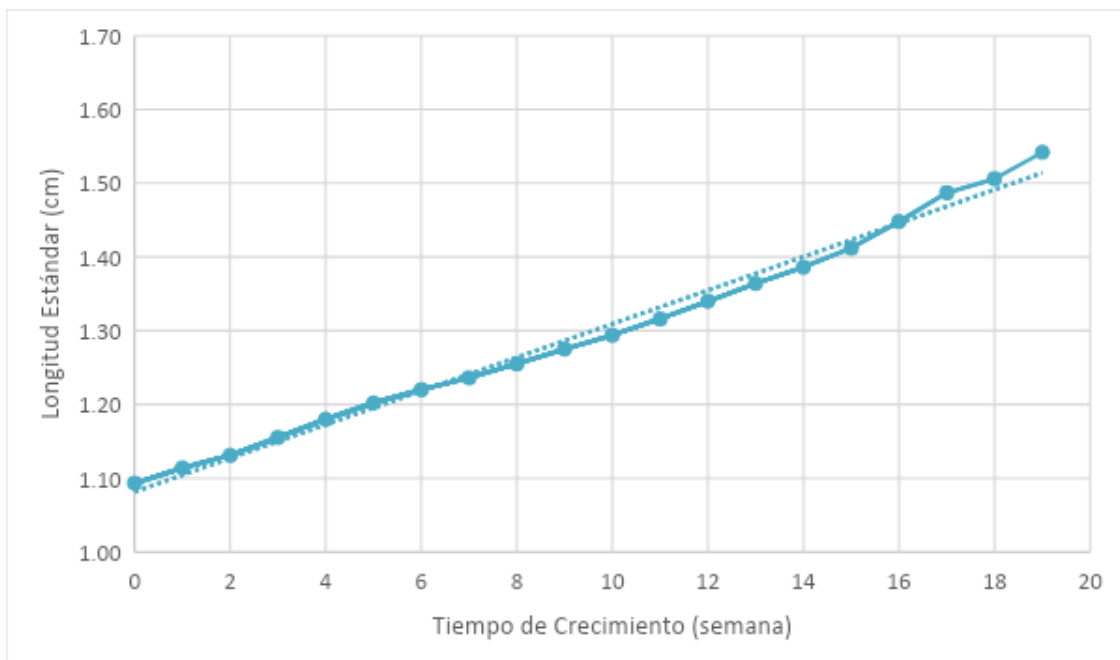


Figura 2. Relación longitud estándar - semanas de crecimiento de *G. viviparus* en cautiverio.

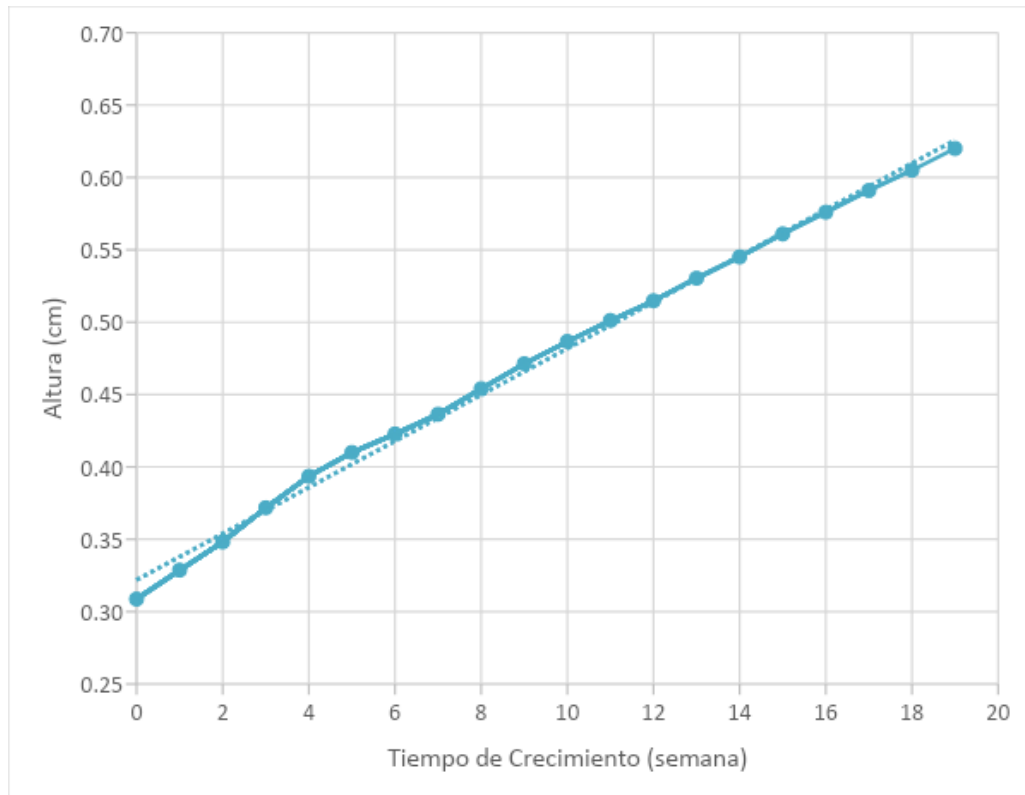


Figura 3. Relación altura - semanas de crecimiento de *G. viviparus* en cautiverio.

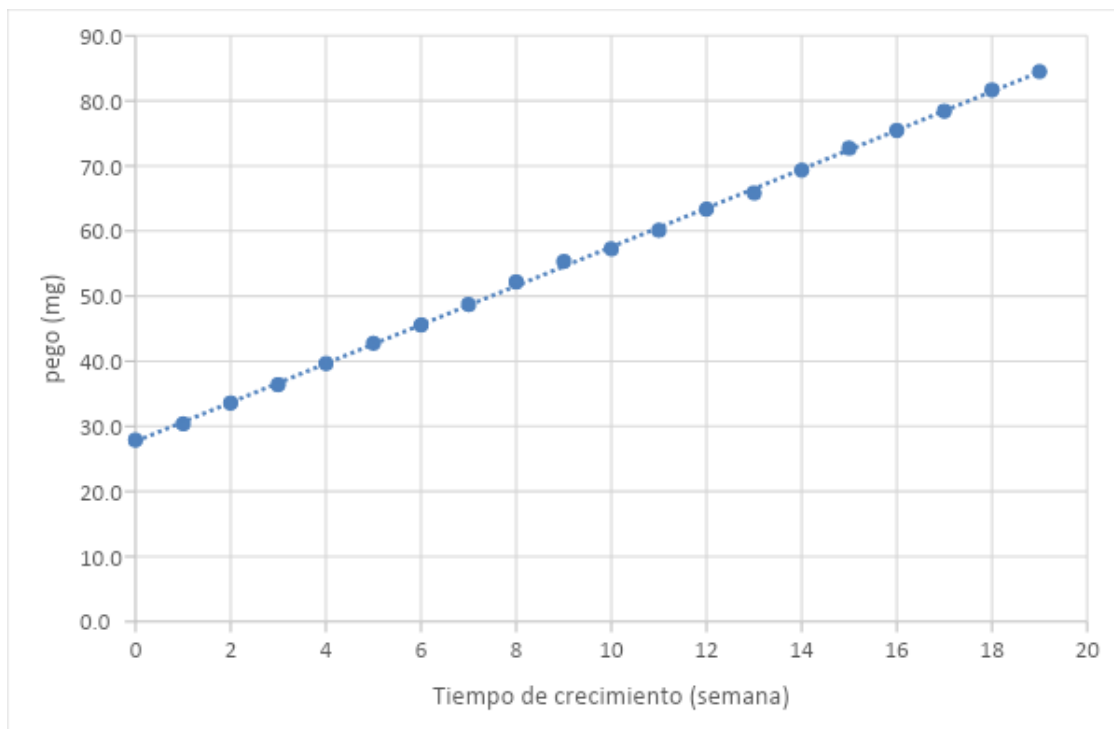


Figura 4. Relación peso - semanas de crecimiento de *G. viviparus* en cautiverio.

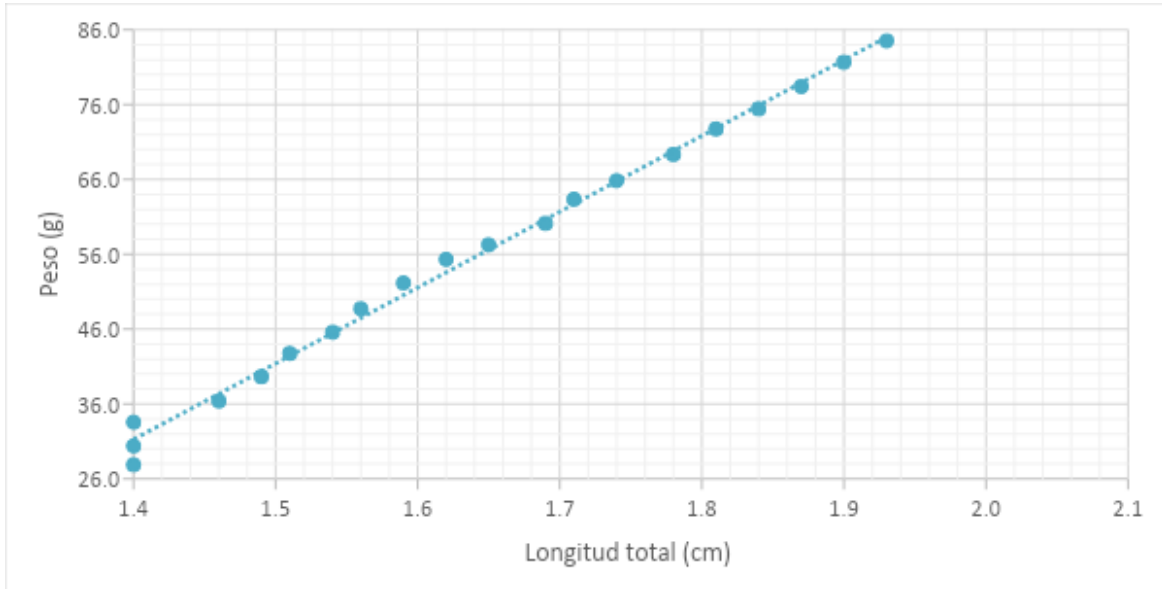


Figura 5. Relación longitud - semanas de crecimiento de *G. viviparus* en cautiverio.

### Tasa de Crecimiento y Crecimiento Absoluto

Las tasas de crecimiento de la población en cuanto a la longitud total, se encuentra en 1.4 cm durante la semana cero a la dos, en la semana tres, se observa que el crecimiento incrementa conforme pasa el tiempo alcanzando casi los dos centímetros en la semana 19, presenta su tasa de crecimiento positivo con una  $R^2$  de 0.9955, figura 6, mientras que en la longitud estándar se encuentra con tasa de crecimiento positivo de  $R^2$  de 0.9909, lo que indica de igual manera con crecimiento óptimo, comienza con 1.4 cm de longitud, la cual incrementa a través de las semanas hasta llegar a 1.53 cm, figura 7, con poca dispersión en ambos casos; finalmente la tasa de crecimiento absoluto, reporta en la figura 8 y 9 un incremento esperado a través de las semanas de evaluación con una  $R^2 = 0.9994$  y  $R^2 = 0.9997$  respectivamente, en cuanto a la talla, supera los cinco centímetros, mientras que en peso alcanza los 50 miligramos al término de las 19 semanas.

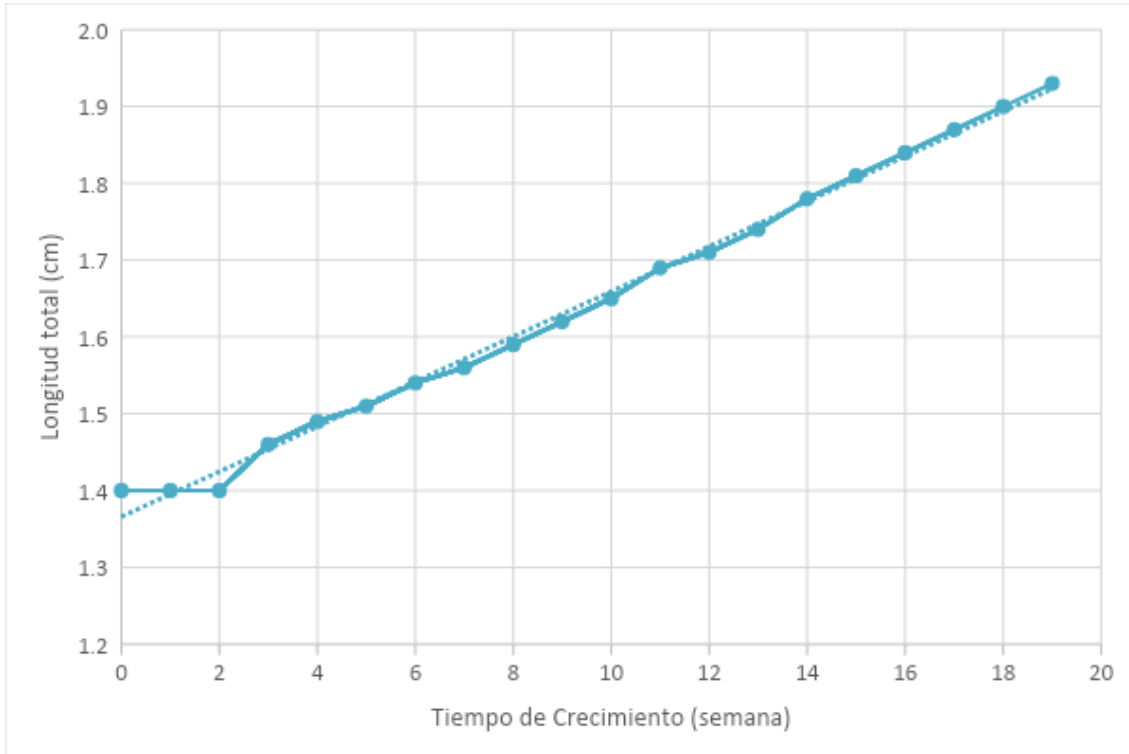


Figura 6. Relación tasa de crecimiento – longitud total

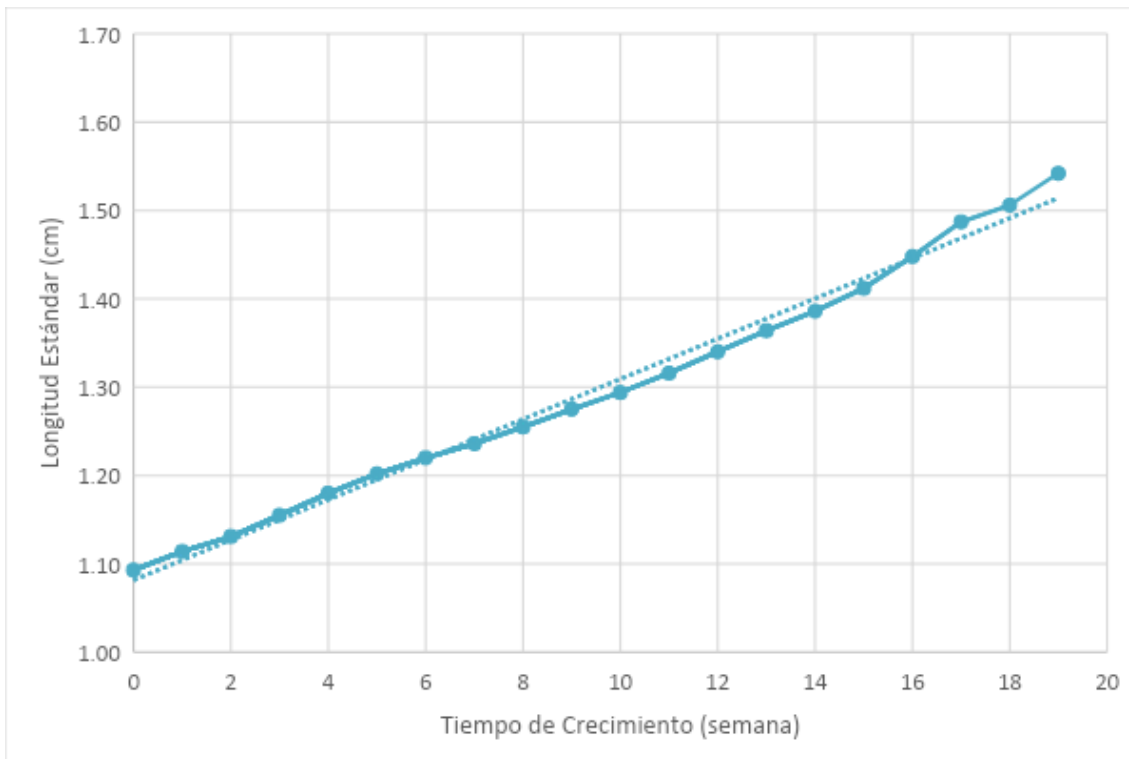


Figura 7. Relación tasa de crecimiento – longitud estándar

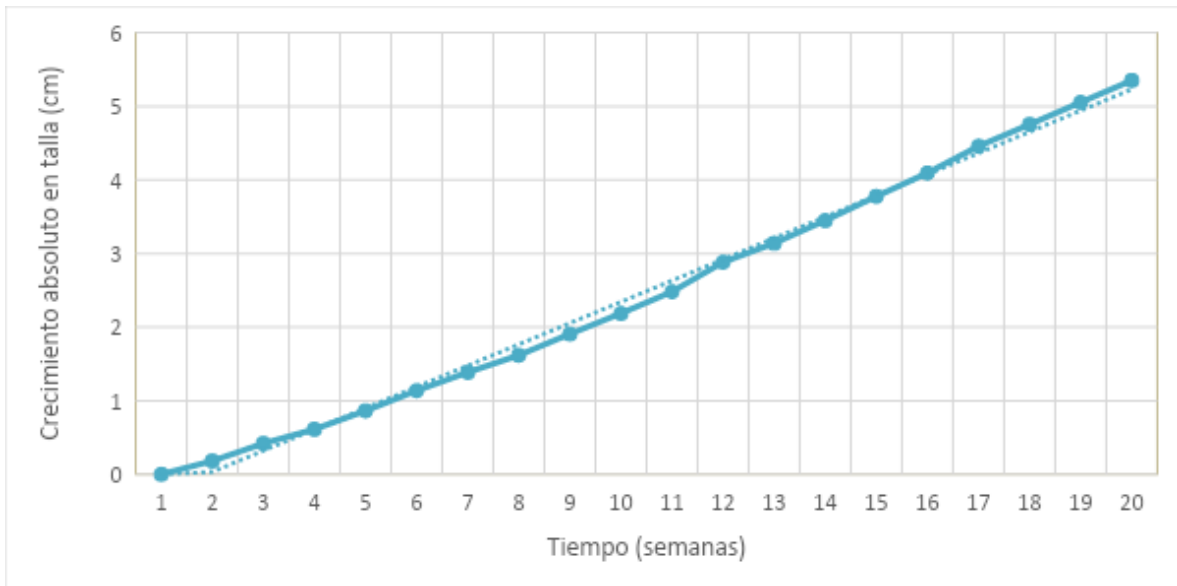


Figura 8. Relación Tasa de Crecimiento Absoluto en talla con semanas de crecimiento

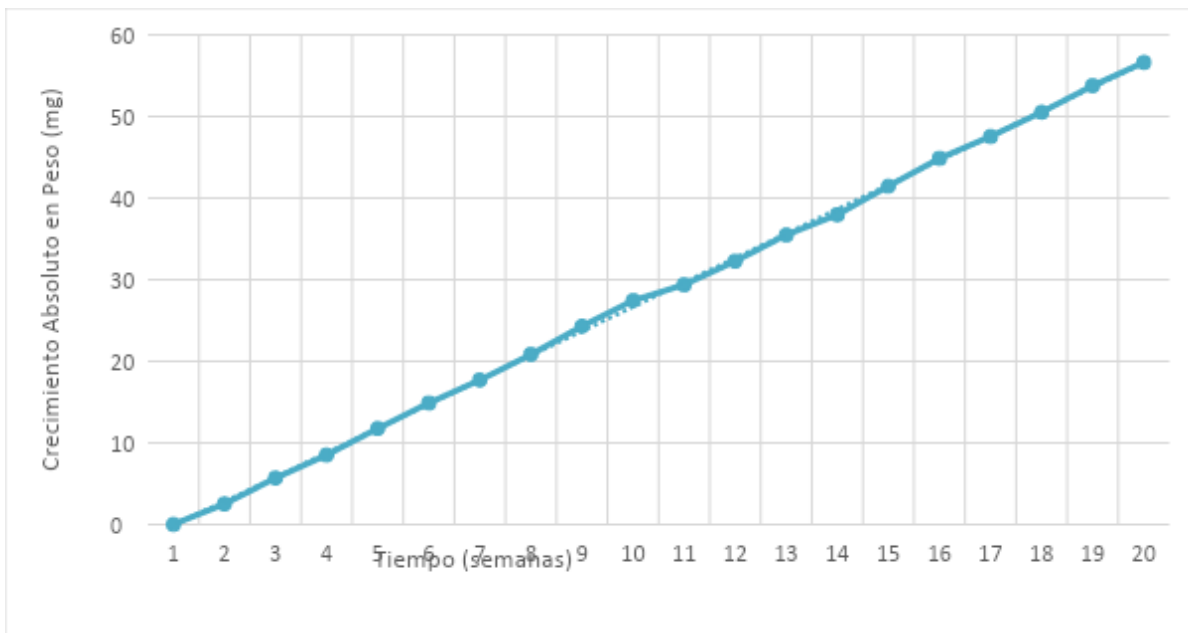


Figura 9. Relación Tasa de Crecimiento Absoluto en peso – semanas de crecimiento



## Factor de Condición

El grado de bienestar se observan que comienza en la semana uno con 0.0010 la cual al transcurrir el tiempo va en aumento, no obstante, en la semana nueve y 10, la población obtiene un mayor grado de bienestar alcanzando  $K= 0.0013$  y va en decremento el resto de las semanas hasta llegar casi a  $K= 0.0012$ , en general el grado de bienestar se mantiene en condiciones óptimas todas las semanas de estudio y se reporta con una  $R^2 = 0.9137$ , figura 10.

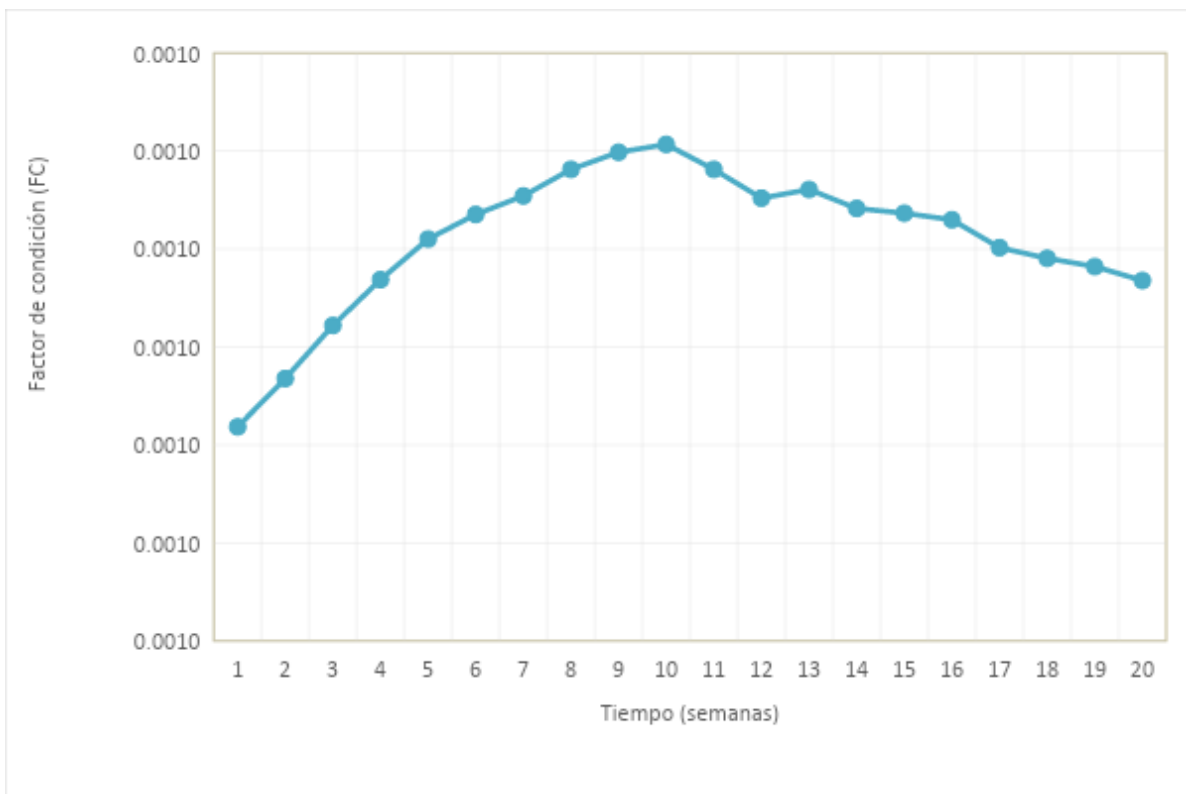


Figura 10. Factor de Condición del mexcalpique a la semana 20

## Tasa Específica de Crecimiento

Con respecto a la TEC en cuestión de la talla, se aprecia que los organismos pueden alcanzar en la semana uno 0.07 cm al día en cual va incrementando, mientras que en la semana once, alcanza una talla de crecimiento de 0.09 cm al día, a partir de esta semana, se observa una oscilación entre este rango al término de las semanas de estudio, a su vez, representa una  $R^2 = 0.9412$  en el crecimiento positivo que pueden alcanzar por día a través de las semanas de

estudio, figura 11; mientras que, el modelo de crecimiento respecto al peso de dicha población se observa una mayor incremento de la semana dos a la tres, y va en declive hasta la semana 10 en el rango de 0.400000 mg a 0.500000 mg por día, y continua de la semana 10 al terminar el experimento entre 0.400000 mg a 0.300000 mg por día, no obstante del decremento de peso por día en las semanas de experimento, el peso óptimo se mantiene dentro del rango ideal, debido a que su tasa máxima de crecimiento se encuentra positiva  $R^2 = 0.9412$  se aprecia en la figura 12.

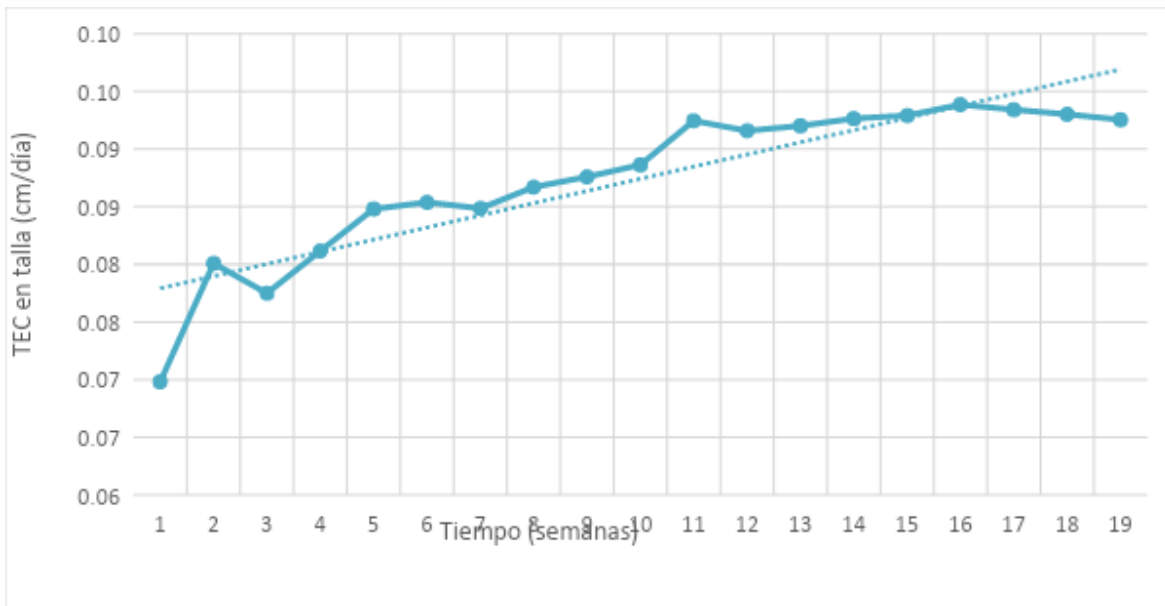


Figura 11. Tasa Específica de Crecimiento en longitud del mexcalpique.

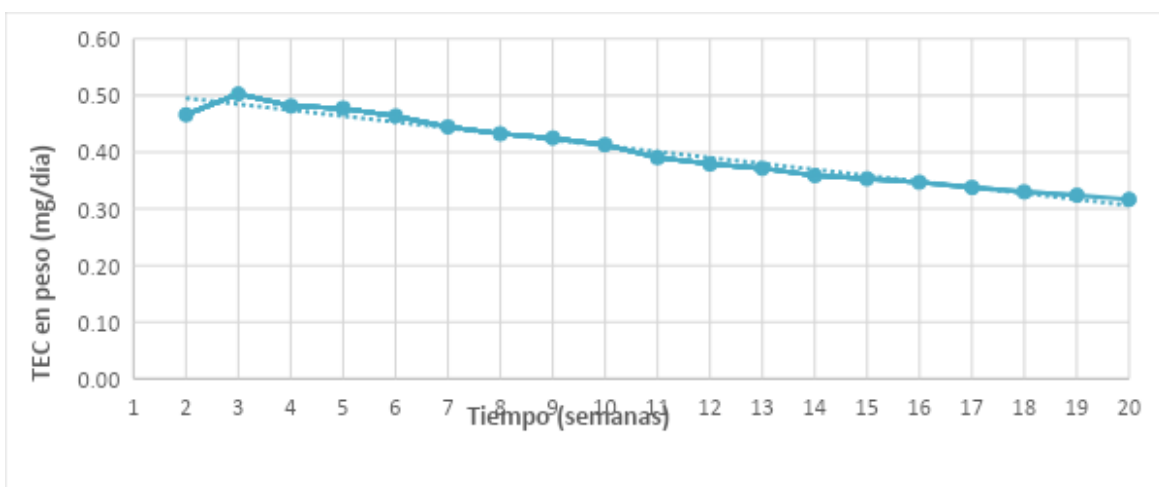


Figura 12. Tasa Específica de Crecimiento en peso del mexcalpique.

## DISCUSIÓN

El mexcalpique *Girardinichthys viviparus* es un pequeño pez que destaca por presentar características específicas de los goodeidos como lo es el dimorfismo sexual, tener una alta tasa de fecundidad, y así mismo se distingue por ser una especie que fácilmente puede adaptarse a diferentes condiciones ambientales (Castillo-Olivares, 2011), incluso en condiciones de laboratorio donde se ha observado de manera exitosa su reproducción como lo menciona Cruz-Gómez *et al.* (2006) quienes registraron que hembras de *G. viviparus* tienen en promedio 18 alevines y en un lapso de tres a cuatro meses alcanzan la madurez sexual y por ende son capaces de reproducirse lo que la hace una especie con potencial para su manejo en cautiverio además resalta por su alta tasa de fecundidad (Bautista-Hernández *et al.*, 2008). De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación el crecimiento de las crías de mexcalpique en un periodo de 19 semanas fue constante registrándose una talla promedio de 1.9 cm, este resultado es ligeramente mayor a lo reportado por Díaz-Pardo (2002) quien menciona que las crías de *G. viviparus* suelen alcanzar tallas que van hasta los 1.6 cm.

El crecimiento de los peces es un proceso complejo y depende de factores tales como; el conductual, fisiológico, nutricional y ambiental, mucha de la energía que adquieren a través de la alimentación es utilizada para su mantenimiento corporal y para la reproducción y solo una tercera parte es destinada para su crecimiento en talla y peso (King, 1995).

Con respecto a esto el crecimiento en peso y talla de las crías en este estudio, se infiere que fue de tipo alométrico ya que el incremento de ambas variables fue diferente y constante, y el factor de condición se mantuvo positivamente en todo el trabajo, esto concuerda con lo reportado por Navarrete *et al.* (2007) quienes evaluaron el crecimiento de *Girardinichthys multiradiatus* especie muy similar a *G. viviparus*, reportando que esta especie tiende a tener este tipo de crecimiento tanto en peso como en talla a lo largo del año y que esto tiene una influencia directa del factor de condición de los organismos, sin embargo también mencionan que durante la primavera las crías y juveniles tienden a

registrar pesos mayores que la talla y esto se le atribuye a que comienza su desarrollo gonadal, mientras que en verano los organismos suelen crecer en talla y bajan de peso, lo que significa que el factor de condición disminuye y en otoño aumentan de peso en relación a la talla esto ya que inicia la época invernal.

En cuanto a los datos obtenidos para la TEC se observa que desde los primeros días los valores fueron altos y siguieron incrementando, sin embargo llegó un momento en que el crecimiento se mantuvo y no hubo grandes diferencias, este crecimiento muestra una curva sigmoidea en su primera fase exponencial y en la segunda fase del crecimiento se vuelve asintótica, esto se relaciona con lo reportado por King (2007) quien menciona que durante las primeras semanas de vida los peces no paran de crecer pero llega un momento en donde su crecimiento disminuye hasta hacerse asintótica donde se presentan incrementos mínimos con relación al tiempo. Por otra parte, el tener una alta tasa de crecimiento proporciona a los organismos inmunidad contra depredadores y así mismo el alcanzar tallas más grandes permite tener mayor éxito reproductivo y una mayor supervivencia, Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce (2007) mencionan que las crías de los Goodeidos, nacen completamente desarrolladas lo que les confiere una mayor probabilidad de supervivencia por lo que el hecho de que las crías se desarrollen dentro de la madre les proporciona una mayor protección contra depredadores y las condiciones adversas del entorno (Devezé Murillo *et al.*, 2004).

## CONCLUSIÓN

*G. viviparus* ha logrado adaptarse al entorno en cautiverio, logrando una tasa alta de supervivencia, por tanto, los resultados de este trabajo muestran que la crianza en cautiverio de *G. viviparus* puede ser una alternativa para su conservación *ex situ*, ya que, al tener una alimentación y un manejo adecuados se puede lograr alcanzar su máximo potencial de crecimiento; como se observó en las crías con un crecimiento acelerado y posteriormente en juveniles con una curva de crecimiento desacelerada hasta tener un comportamiento.

**LITERATURA CITADA**

- Arce Uribe, E. y Luna Figueroa, J. (2003). Efecto de dietas con diferente contenido proteico en las tasas de crecimiento de crías del Bagre del Balsas *Ictalurus balsanus* (Pisces: Ictaluridae) en condiciones de cautiverio. *AquaTIC*, 18,39-47.
- Arzola Sotelo, E. A. (2013). *Aplicación de la teoría de modelos múltiples en la evaluación de crecimiento individual del chano (Micropogonias megalops Gilbert 1890) en el norte del Golfo de California*. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.
- Bautista Hernández, C. E., Pulido Flores, G. y Monks, S. (2008). Registro helmintológico de *Girardinichthys viviparus* (Bustaante, 1837) del lago de Tecomulco, Hidalgo, México. En G. Pulido Flores, S. Monks, R. Miranda y D. Galicia (Ed.), *Estudios Científicos en el Lago de Tecomulco, Hidalgo, y zonas aledañas* (pp. 77-93). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Busacker, P. G., Adelman, R. I. and Goollish, M. E. (1990). Growth. 363-387. En: Schreck, B. C., Moyle, B. P. (Ed). *Methods for Fish Biology* (pp. 684). American Fisheries Series 13. Great Britain.
- Casas, G. A., Rodríguez, D. y Afanador Téllez, G. (2010). Propiedades matemáticas del modelo de Gompertz y su aplicación al crecimiento de los cerdos. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 23(3), 349-358.
- Castillo Olivares, B. (2011). *Biología reproductiva de Girardinichthys viviparus en el lago artificial de la Alameda Oriente, D.F.* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/328978>
- Cruz Gómez, A. y Rodríguez Varela, A. (2006). El mexcalpique, en peligro de extinción, se reproduce y mantiene en Iztacala. *GACETA Iztacala*, 287, 2.
- Devezé Murillo, P., Reta Mendiola, J. L., y Sánchez Luna, B. (2004). Cultivo de *Poecilia reticulata* (Pisces: Poeciliidae) en cuerpos de agua tropicales, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*, 52(4), 951-958.
- Díaz Pardo, E. (2002). Ficha técnica de *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. México.
- Domínguez Domínguez, O. y Pérez Ponce de León, G. (2007). Los goodeidos, peces endémicos del centro de México. CONABIO. *Biodiversitas*, 75, 12-15.
- Domínguez Domínguez, O., Zambrano, L., Escalera Vázquez, L. H., Pérez Rodríguez, R. y Pérez Ponce de León, G. (2008). Cambio en la distribución de goodeidos

- (Osteichthys: Cyprinodontiformes: Goodeidae) en cuencas hidrológicas del centro de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79, 501-512.
- Felipa, G., Blas, W. y Alcántara, F. (2016). Relación longitud-peso, factor de condición y tabla estándar del peso de mil alevinos de gamitana *Colossoma macropomum* (Cuvir, 1818) criados en estanques artificiales. *FOLIA Amazónica*, 25(1), 17-24.
- Gómez Márquez, J. L., Peña Mendoza, B., y Guzmán Santiago, J. L. (2013). Occurrence of the fish *Girardinichthys viviparus* (Cyprinodontiformes: Goodeidae) in an urban lake at Mexico City. *UNED Research Journal*, 5(1), 89-95.
- Hidalgo de la Toba, J. A. (2015). *Crecimiento individual de la almeja Panopea generosa en su límite sur de distribución: aplicación de la teoría de modelos múltiples*. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.
- King, M. (2007). *Fisheries Biology. Assessment and Management*. Fishing News Books. Blackwell Science. Ltd. 382 p.
- King, M. (1995). *Fisheries Biology. Assessment and Management*. Fishing News Books. Blackwell Science. Ltd. 341 p.
- Leyton, S. A., Muñoz, E., Gordillo, M. S., Sánchez, G. C., Muñoz, L. A. y Soto, A. D. (2015). Estimación del factor de condición de Fulton (K) y la relación longitud-peso en tres especies ícticas presentes en un sector sometido a factores de estrés ambiental en la cuenca alta del río Cauca. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 27, 21-28.
- Montesino González, L. (2013). *Edad y crecimiento de Girardinichthys viviparus en el lago urbano de la Alameda Oriente, D.F.* Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Navarrete-Salgado, N. A., Cedillo-Díaz, B. E., Contreras-Rivero, G., & Elías-Fernández, G. (2007). Crecimiento, reproducción y supervivencia de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces, Goodeidae) en el embalse San Miguel Arco, Estado de México. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 13(1), 15-21.
- Navarrete Salgado, N. A., Contreras Rivero, G. y Elías Fernández, G. (2003). Abundancia y estado sanitario del Mexclapique (*Giardinichthys viviparus* Bustamante) en cuerpos de agua del dentro de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 9(2), 143-146.
- Sedeño Díaz, J. E. y López López, E. (2009). Threatened fishes of the world: *Girardinichthys viviparus* (Bustamante, 1837) (Cyprinodontiformes: Goodeidae). *Environ Biol Fish*, 84, 11-12.
- Soriano Salazar, M. B. y Hernández Ocampo, D. (2002). Tasa de crecimiento del pez ángel *Pterophyllum scalare* (Perciformes: Cichlidae) en condiciones de laboratorio. *Acta Universitaria*, 12(2), 28-33.

- Sparre, P. y Venema, S. C. (1997). *Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte I. Manual*. FAO Documento Técnico de Pesca.
- Trinidad Bello, A. (2014). *Modelos de crecimiento en Biología, su significado biológico y selección de modelos por su ajuste*. Tesis en Maestría en Ciencia. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.
- Ulloa Ibarra, J. T. y Rodríguez Carrillo, J. A. (2010). El modelo logístico: Una alternativa para el estudio del crecimiento poblacional de organismos. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 11(3), 2.
- Vázquez-Silva G., Arana Magallón, F.C., Ojeda Galindo, D.M., y López de la Rosa A.K. (2018). Reproducción *ex situ* del mexcalpique *Girardinichthys viviparus* (Pisces: Goodeidae) en diferentes temperaturas para fines de acuicultura ornamental. Avances de la Investigación Sobre Producción Animal y Seguridad Alimentaria en México, Editores José Herrera-Camacho et al.-Primera edición-Morelia, Michoacán, México, pp.1009-1014.
- Vega López, A., Ramón Gallegos, E., Galar Martínez, M., Jiménez Orozco, F. A., García Latorre, E. y Domínguez López, M. L. (2007). Estrogenic, anti-estrogenic and cytotoxic effects elicited by water from the type localities of the endangered goodeid fish *Girardinichthys viviparus*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 145, 394-403.
- Villarreal, C., Gelabert, R., Gaxiola, G., Cuzon, G., Amador, L. E., Guevara, E. y Brito, R. (2011). Crecimiento de alevines de *Cichlasoma urophthalmus* con dietas basadas en diferentes niveles de inclusión de proteína de soya y gluten de trigo. *Trópico Húmedo*, 27(1), 53-62.