

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

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL
POR ACTIVIDADES VINCULADAS CON LA PROFESIÓN

Reproducción del godeído *Girardinichthys viviparus* con relación al patrón de coloración

PARA OBTENER GRADO DE
LICENCIADO (A) EN BIOLOGÍA

PRESENTA LA ALUMNA

Montserrat Guzmán Flores

Matrícula
2213022678

ASESORES

Dra. Gabriela Vázquez Silva (No. Económico 30288)
Laboratorio de Limnobiología y Acuicultura, DEHA

Biol. Ana Karen López de la Rosa (Céd. Prof. 12194410)
Laboratorio de Limnobiología y Acuicultura, DEHA

RESUMEN

El mexcalpique *Girardinichthys viviparus* un pez endémico de la Mesa Central de México perteneciente a la Familia de los Goodeidos, el cual se caracteriza por sus estrategias reproductivas especializadas, marcado dimorfismo sexual, fecundación interna, desarrollo de trofotenia y coloración sexual. Esta especie actualmente está clasificada en la categoría de “peligro de extinción” (P) en la NOM-059-SEMARNAT-2010 y en “peligro” en los criterios B1ab, 2ab por la UICN debido a factores como la sobreexplotación, contaminación y desarrollo urbano en su hábitat natural, además de la introducción de especies exóticas invasoras. El objetivo del presente estudio fue determinar el potencial reproductivo, crecimiento y supervivencia, con respecto al patrón de coloración del macho para su conservación *ex situ*. Para ello, se realizó una selección de parejas reproductoras teniendo dos Unidades Experimentales (UE) con tres repeticiones cada una: 1) de machos con coloración gris y 2) de machos contorneados; ambos grupos con una proporción de dos machos por seis hembras (2:6). Al finalizar la reproducción, se realizó el seguimiento de los alevines realizando biometrías mensualmente con el fin de evaluar su crecimiento en peso y talla respecto al patrón de coloración. Asimismo, durante todo el experimento se realizaron mantenimientos continuos a los acuarios para mantener la calidad del agua para los organismos. Con los datos obtenidos, se realizaron los cálculos correspondientes de las variables reproductivas y de la Ganancia Diaria de Peso (GDP) y Tasa Específica de Crecimiento (TEC). De las parejas reproductoras, ambas UE presentaron un crecimiento positivo, donde las hembras asignadas al patrón de contorno fueron las que obtuvieron una mayor ganancia de peso, presentando una diferencia significativa ($p > 0.05$; 0.146 g) respecto de las grises. Los alevines, del patrón gris presentaron un mayor número de alevines nacidos, y, por ende, una mayor tasa de fertilidad; mientras que en la supervivencia hubo una diferencia significativa ($p < 0.05$) a favor del grupo contorneado. Asimismo, en el crecimiento, el grupo de contorno fue el que presentó diferencias significativas en todas las variables, mostrando mejores valores finales. En conclusión, las diferencias en el peso y crecimiento de los alevines pueden ser atribuibles a que en la mayoría de los peces las hembras crecen más rápido y viven más que los machos, por lo que los valores de las hembras pudieron incrementar el tamaño medio calculado. Para el caso de la supervivencia, la disparidad entre los grupos puede sugerir que los peces contorneados tuvieron una ventaja fisiológica el patrón de coloración gris.

Palabras clave: Goodeidae, coloración, mexcalpique, reproducción, selección sexual.

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. LUGAR DE REALIZACIÓN.....	6
3. MARCO INSTITUCIONAL.....	6
4. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO	7
5. OBJETIVO GENERAL DEL SERVICIO SOCIAL	7
6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
7. METODOLOGÍA.....	8
8. RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.....	12
9. DESCRIPCIÓN DEL VÍNCULO DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS CON LOS OBJETIVOS DE FORMACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS	20
10. BIBLIOGRAFÍA.....	23

1. INTRODUCCIÓN

Los peces son el grupo más diverso de vertebrados, en México se han descrito aproximadamente 2,723 especies, de las cuales 506 especies corresponden a peces dulceacuícolas distribuidos en 47 Familias (Huidobro-Campos *et al.*, 2016). Una de las características sobresalientes de la ictiofauna dulceacuícola mexicana es su alto nivel de endemismo, como algunos representantes de la Familia Atherinopsidae y de la subfamilia Goodeinae (Ceballos *et al.*, 2018).

El mexcalpique, *Girardinichthys viviparus* es una especie de pez vivíparo, endémico perteneciente al Orden de los Cyprinodontiformes y a la Familia Goodeidae (Díaz Pardo, 2004). Esta especie presenta características o especializaciones únicas como: 1) marcado dimorfismo sexual (los machos presentan una modificación en la aleta anal en forma de lóbulo copulatorio, denominado espermatopodio), 2) cortejo prenupcial, 3) fecundación interna, 4) desarrollo de trofotenias complejas y 5) coloración sexual, por lo que se encuentran entre los peces de agua dulce mexicanos más importantes (Miller *et al.*, 2009; Gómez-Márquez *et al.*, 2013; Schindler y De Vries, 1986; Díaz Pardo, 2004, Navarrete Salgado *et al.*, 2004 y Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce de León, 2007).

La distribución del mexcalpique está limitada a la zona del altiplano tropical de la Mesa Central de México y es originalmente exclusivo de la cuenca endorreica del Valle de México (Miller, 2009; López-Segovia *et al.*, 2024) misma que estaba constituida por lagos y lagunas donde destacan el Lago de Texcoco, Xaltocan, Zumpango, Chalco, Xochimilco, Apan, Tochac, Tecocomulco, entre otros (De la Lanza Espino y Gómez Rodríguez, 2005). Actualmente esta especie es endémica de los Lagos de Xochimilco, Zumpango, Texcoco y Chapultepec (Gómez-Márquez *et al.*, 2013; López-Segovia *et al.*, 2024) aunque también se localiza en los canales

de San Gregorio, canal de San Cristóbal, canal general de Xico y canal grande de Tláhuac (Díaz Pardo, 2004); habitando en aguas lénticas con vegetación abundante, en aguas claras o con poca turbidez, con una profundidad entre 0.3 y 0.6 m con sustratos lodosos (Miller *et al.*, 2009). Recientemente *G. viviparus* tiene registrada su presencia en embalses de Tlaxcala (López-Segovia *et al.*, 2024).

No obstante, como resultado de la sobreexplotación de recursos hídricos, el desarrollo urbano e industrial, contaminación, deforestación de las cuencas y la introducción de especies exóticas invasoras y sus parásitos (Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce de León, 2007; Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce de León, 2009; Huidobro-Campos *et al.*, 2016; De la Vega-Salazar, 2006), el mexcalpique actualmente se considera una especie en peligro de extinción (P) por la NOM-059-SEMARNAT-2010 y a nivel internacional se encuentra en “peligro” por la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza en los criterios B1ab, 2ab (Koeck, 2018).

En los peces, una de las funciones principales de los patrones de coloración es el despliegue sexual ante potenciales parejas (Zaret, 1984). En los Goodeidos machos se presenta una modificación de la aleta anal, que funciona como estructura urogenital y órgano intromitente (Miller *et al.*, 2009), cuya inseminación en las hembras se produce después de un cortejo exitoso, por lo que la elección de la hembra es muy importante y muchas especies tienen elaboradas aletas que funcionan como ornamentos sexuales, por lo que los patrones de color, estructuras de aletas coloridas, tamaño de las aletas y forma corporal asociada y exhibiciones de cortejo son el objetivo de la elección de las hembras (Ritchie *et al.*, 2005; Ritchie *et al.*, 2007; Fascinetto-Zago, 2018). Por lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo determinar el potencial reproductivo, crecimiento y supervivencia con respecto al patrón de coloración del macho de *Girardinichthys viviparus* para su conservación *ex situ*.

2. LUGAR DE REALIZACIÓN

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

3. MARCO INSTITUCIONAL

La Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco se caracteriza por su modelo educativo el cual utiliza como herramienta formativa la investigación como estrategia de aprendizaje y cuyo objetivo es formar profesionales con habilidades y conocimientos que les permitan realizar actividades con un enfoque multidisciplinario, con el fin de participar en el diagnóstico y gestión de las problemáticas de la realidad y propios de su campo profesional. Dentro de este ámbito la UAM-Xochimilco ofrece 18 licenciaturas distribuidas en tres Divisiones Académicas: Ciencias y Artes para el Diseño, Ciencias Sociales y Humanidades y Ciencias Biológicas y de la Salud, en esta última se encuentra la Licenciatura en Biología la cual tiene como prioridad formar profesionales creativos y críticos capaces de realizar actividades científicas para desarrollar y evaluar con una perspectiva multidisciplinaria, estrategias de manejo de los recursos naturales bióticos, con base en metodologías propias de las ciencias biológicas. Por otra parte, la misión de la Licenciatura en Biología es formar biólogos cuyas habilidades, competencias y conocimientos les permitan participar en el diagnóstico, gestión y planeación del uso, conservación y restauración de los recursos naturales, mientras que, la visión es ser reconocida como modelo a seguir, tanto a nivel nacional como internacional, en la enseñanza de la biología de los recursos naturales y su gestión (UAM-X, 2023).

4. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

El objetivo general del proyecto de investigación donde se insertará el presente servicio social es mantener los ciclos biológicos en cautiverio de las diferentes colonias de anfibios, crustáceos y peces establecidas en el Laboratorio de Limnobiología y Acuicultura, para contribuir en su conservación y preservación de estas especies endémicas de México con interés ecológico y socioeconómico, enfatizando el manejo, alimentación y reproducción de *Ambystoma velasci*, *Ambystoma mexicanum*, *Cambarellus montezumae*, *Girardinichthys viviparus* y *Chirostoma jordani*.

5. OBJETIVO GENERAL DEL SERVICIO SOCIAL

Determinar el potencial reproductivo, crecimiento y supervivencia con respecto al patrón de coloración inherente al macho de *Girardinichthys viviparus* para su conservación *ex situ*.

6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la tasa de fertilidad de las parejas reproductoras de *G. viviparus* con respecto al patrón de coloración del macho.
- Estimar el período de gestación de hembras en gravidez de *G. viviparus* con respecto al patrón de coloración del macho
- Evaluar el crecimiento en peso y talla de alevines de *G. viviparus* con respecto al patrón de coloración del macho.
- Determinar la supervivencia de los alevines de *G. viviparus* con respecto al patrón de coloración del macho.
- Evaluar los parámetros fisicoquímicos del agua de las parejas reproductoras y crías de *G. viviparus*.

7. METODOLOGÍA

Se utilizó una colonia de reproductores sexualmente maduros de *Girardinichthys viviparus* originarios de los canales de Xochimilco, pertenecientes a la “Colección Biológica de algunas especies de peces y anfibios, endémicos y en peligro de extinción de la Zona Lacustre de Xochimilco”, en el proyecto de investigación “Limnobiología y Aspectos Acuícolas de la Zona Lacustre de Xochimilco, CDMX”.

7.1 Selección y mantenimiento de parejas reproductoras de *G. viviparus*

- Se realizó el sexado y separación de hembras y machos sexualmente maduros de *G. viviparus*, considerando su coloración. Para el caso de los machos se seleccionaron dos grupos; aquellos de cuerpo y aletas color gris (Figura 1a) y el segundo, con machos de cuerpo gris, pero con las aletas contorneadas (Figura 1b), las hembras para ambos grupos fueron de color grisáceo (Figura 1c).

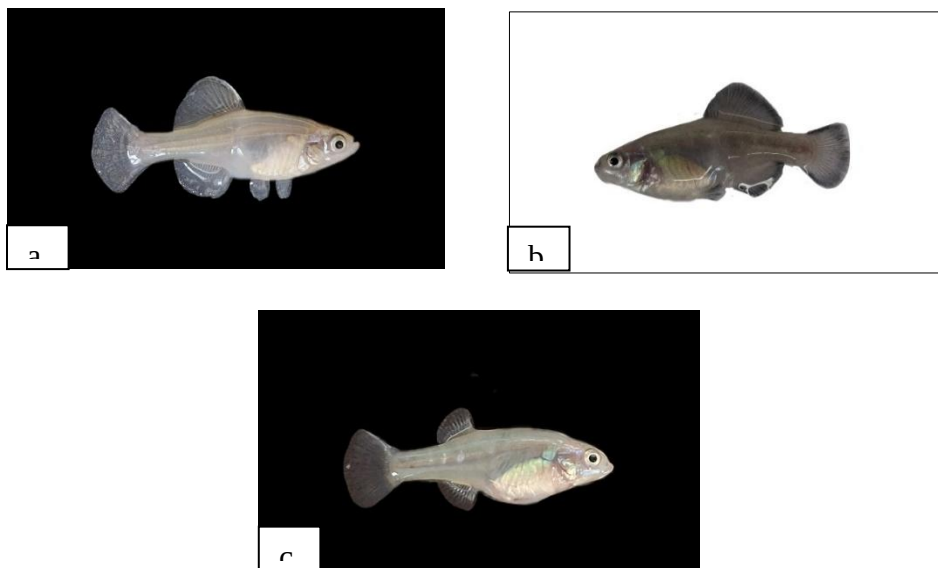


Figura 1. a) Macho reproductor patrón gris; b) Macho reproductor patrón contorno; c) Hembra reproductora patrón gris. Fotos tomadas en el Laboratorio de Limnobiología y Acuicultura UAM-X (Fotografía: Montserrat Guzmán Flores).

- Una vez seleccionados los individuos por coloración fueron colocados en acuarios de 15 litros de capacidad (aireación constante y agua libre de cloro), con 3 repeticiones cada uno, en una proporción de dos machos por seis hembras (2:6) distribuidos en un total de 6 Unidades Experimentales (UE).
- Se registró el peso húmedo de cada individuo con una balanza analítica (Ohaus®; precisión de ± 0.0001 g), asimismo se les midió la Longitud Total (LT; punta de la cabeza hasta el final de la aleta caudal), Longitud Estándar (LE; punta de la cabeza hasta el final del pedúnculo caudal) y Altura (A; dorso hasta la parte ventral) con un calibrador (Traceable®; ± 0.01).
- Las UE fueron alimentadas diariamente con dos raciones al día, con una dieta compuesta por alimento balanceado granulado marca El Pedregal ® (0.3 mm; 45% Proteína Cruda) con alimento seco a base de carotenos (TetraColor ®) a una tasa de alimentación del 4% que se determinó de acuerdo con la biomasa de cada UE, además se les proporcionó alimento vivo como el gusano de fango *Tubifex tubifex*.
- Se realizó una observación diaria de cada UE para documentar el apareamiento y la presencia del punto grávido en hembras y obtener el registro de los días de gestación con el primer avivamiento.
- De cada hembra en gestación y una vez ocurrido el avivamiento se realizó el conteo de las crías.

7.2 Mantenimiento y crecimiento de alevines de *G. viviparus*.

- Una vez obtenidos los alevines se les registró el crecimiento en peso con una balanza analítica (Ohaus®; precisión de ± 0.0001 g) y la talla, registrando la Longitud Total y Longitud Estándar con un calibrador (Traceable®; ± 0.01), primeramente, a los quince días del avivamiento y posteriormente, de manera mensual.

- Los alevines fueron alimentados con una mezcla de alimento balanceado marca El Pedregal ® (0.3 mm; 45% Proteína Cruda) con alimento seco a base de carotenos (TetraColor ®) a una tasa de alimentación del 6% que se determinó a partir de la biomasa de los alevines, siendo dividida en dos raciones al día.
- Se realizaron observaciones diarias respecto a la coloración de los alevines de acuerdo con el tratamiento hasta su etapa adulta.
- Se registró diariamente la mortalidad de los alevines para posteriormente determinar la supervivencia.
- Se contabilizaron el número de hembras y machos una vez alcanzada su diferenciación sexual para determinar la proporción de sexos obtenidos en cada tratamiento.

7.3 Calidad del agua de cultivo de reproductores y alevines de *G. viviparus*.

Para mantener una buena calidad del agua de cultivo se realizaron recambios totales y parciales del 50% con un sifón, retirando el exceso de alimento no consumido y heces, así mismo cada quince días se registraron la temperatura con un termómetro de mercurio (Brannanel), pH (potenciómetro, Hanna Instruments, HI98103), nitritos (NO_2^-), nitratos (NO_3^-) y amonio (NH_4^+), (Nutrafin Test, Hagen®).

7.4 Cálculos y análisis estadístico

Con los datos obtenidos de la reproducción y el crecimiento en peso y talla de *G. viviparus* se determinaron los siguientes parámetros:

- Tasa general de fertilidad (Wayne, 1993).

$$f = (m/n) * 100$$

Dónde:

f= fertilidad

m= total de hembras grávidas por patrón de coloración

n= total de nacimientos de crías vivas por patrón de coloración

k= 100

- Ganancia Diaria de Peso de alevines (Moreno-Álvarez *et al.*, 2000)

$$GDP = (Pf - Pi) / t$$

Donde:

Pf= Peso final

Pi= Peso inicial

t= Tiempo en días

- Tasa Específica de crecimiento de alevines (Wootton, 1991)

$$TEC = ((LnPf - LnPi) / t) * 100$$

Donde:

Ln Pf= Logaritmo natural del peso final

Ln Pi=Logaritmo natural del peso inicial

t= Tiempo en días

- Supervivencia de alevines (Arce y Luna, 2003)

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

Con los datos obtenidos se comprobó la normalidad, homogeneidad y homocedasticidad de los datos y se analizaron en una prueba de t-Student en el paquete estadístico JMP® (SAS Institute, versión 19). En el caso de la supervivencia de alevines se utilizó la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon debido a que estos datos no seguían una distribución normal, siendo una alternativa a la prueba de t-Student (González Hernández y Reyes González, 2024).

8. RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

En el cuadro 1 se muestran los valores promedio y desviación estándar del peso y talla de las parejas reproductoras, ambos grupos de coloración presentaron un crecimiento notable tanto en las hembras como en los machos, donde el mayor crecimiento en peso lo presentaron las hembras asignadas al patrón contorno con una ganancia de 0.377 g. En el caso de los machos, los de patrón grisáceo fueron los que contaron con una mayor ganancia de peso siendo de 0.184 g.

En la prueba de *t*-Student, los machos no mostraron diferencias significativas en ninguna de las variables evaluadas. Mientras que, las hembras presentaron diferencias en todos los valores iniciales presentando mayor diferencia fueron el peso y la Longitud Total (LT). Asimismo, en el peso final de las hembras se obtuvo una diferencia significativa (0.146 g; $p > 0.05$) entre ambos patrones de coloración.

Cuadro 1. Valores promedio de peso y talla de machos (grises y contorno) y hembras de *G. viviparus*.

Variables	Patrones de coloración					
	Grises		Contorno		P	
<i>Inicial</i>						
Sexo	♂	♀	♂	♀	♂	♀
<i>n</i>	6	18	6	18		
P (g)	0.588 ± 0.22	0.897 ± 0.23	0.810 ± 0.17	0.689 ± 0.17	0.1800	0.0008
LT (cm)	3.4 ± 0.47	4.0 ± 0.37	3.8 ± 0.15	3.6 ± 0.28	0.1200	0.0007
LE (cm)	2.9 ± 0.39	3.4 ± 0.34	3.2 ± 0.17	3.1 ± 0.29	0.1000	0.0012
A (cm)	0.9 ± 0.16	0.9 ± 0.07	1.0 ± 0.05	0.8 ± 0.08	0.4400	0.0016
<i>Final</i>						
<i>n</i>	6	18	6	18		
P(g)	0.772 ± 0.27	1.212 ± 0.21	0.921 ± 0.19	1.066 ± 0.27	0.3800	0.0370
LT (cm)	3.7 ± 0.44	4.6 ± 0.26	4.0 ± 0.24	4.5 ± 0.31	0.2900	0.0600
LE (cm)	3.1 ± 0.39	3.1 ± 0.39	3.4 ± 0.17	3.8 ± 0.28	0.3200	0.1200
A (cm)	0.9 ± 0.14	1.0 ± 0.09	1.0 ± 0.05	0.9 ± 0.10	0.4700	0.1000

n= Número de organismos; ♂= machos; ♀ hembras; P= peso; LT=Longitud Total; LE=Longitud Estándar; A= Alto

Respecto a la reproducción (Cuadro 2) el patrón de coloración gris fue el que tuvo un mayor número total de alevines nacidos y, por lo tanto, una mayor tasa de

fertilidad. Sin embargo, a pesar de que una de las hembras pertenecientes al patrón contorno no quedó grávida durante el periodo del experimento, no se encontraron diferencias significativas en los nacimientos totales entre los patrones de coloración. En cuanto al periodo de gestación estos fueron similares en ambos patrones de coloración

En la supervivencia de alevines, la prueba de Wilcoxon dio un resultado de valor $p < 0.05$ lo cual indica que existe una diferencia significativa entre la supervivencia de los alevines por patrón de coloración, siendo los contorneados los que tuvieron una mayor supervivencia (13%).

Cuadro 2. Variables reproductivas por patrón de coloración de *G. viviparus*.

Variables reproductivas	Patrones de coloración		P
	Grises	Contorno	
Proporción de sexos	6♀:2♂	6♀:2♂	N/A
Número de hembras grávidas	18	17	0.42
Hembras grávidas (%)	100	94	N/A
Periodo de gestación (días)	33 ± 10.97	33 ± 13.25	0.98
Tasa de fertilidad (%)	6.16	6.11	N/A
Número de alevines nacidos	292	278	0.93
Supervivencia de alevines (%)	9	13	0.05

N/A= No se aplicó análisis estadístico

Una vez contabilizados los alevines nacidos por patrón de coloración se realizó su adaptación y posteriormente la medición inicial en donde los grupos tuvieron tamaños de muestra de 221 individuos para los grises y 167 para los contorneados. El peso inicial mostró una diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos ($p=0.0006$), siendo ligeramente mayor el peso en los alevines de contorno

(0.031 ± 0.014) respecto a los grises (0.029 ± 0.009), en las demás variables no se presentaron diferencias relevantes (Cuadro 3).

Al finalizar el experimento, los alevines de patrón contorneado presentaron mejores valores de crecimiento y supervivencia en comparación con los alevines grises mostrando diferencias estadísticamente significativas en todas las variables finales evaluadas.

Cuadro 3. Variables de crecimiento y supervivencia por patrón de coloración de alevines de *G. viviparus*.

Variables	Patrones de coloración		
	Grises	Contorno	P
Inicial			
n	221	167	
P (g)	0.029 ± 0.009	0.031 ± 0.014	0.0006
LT (cm)	1.493 ± 0.102	1.481 ± 0.166	0.4000
LE (cm)	1.254 ± 0.084	1.256 ± 0.139	0.0500
Final			
n	25	35	
P (g)	0.059 ± 0.026	0.135 ± 0.100	0.0001
LT (cm)	1.784 ± 0.211	2.128 ± 0.403	0.0001
LE (cm)	1.472 ± 0.164	1.746 ± 0.338	0.0001
GDP (g/día)	0.000392 ± 0.000285	0.001187 ± 0.001131	0.0002
TEC (%/día)	0.916 ± 0.526	1.689 ± 0.947	0.0002
S (%)	9	13	0.0460

n= Número de alevines por tratamiento, *p*= Peso, LT= Longitud Total, LE= Longitud Estándar, GDP= Ganancia Diaria de Peso, TEC=Tasa Específica de Crecimiento, S=Supervivencia.

De acuerdo con los resultados obtenidos se observó un cambio entre los tratamientos en los 60 y 90 días del experimento (Figura 2), siendo mayor el crecimiento en peso el tratamiento de patrón contorneado teniendo una diferencia de 0.076 g habiendo alcanzado un peso final de 0.135 g, respecto al de los grises con un peso final de 0.059 g.

Respecto a la Longitud Total (LT) y la Longitud Estándar (LE) (Figura 3 y 4) se observa que en cada tratamiento ambas medidas siguen una misma tendencia mostrando un patrón similar de crecimiento, pero con valores ligeramente menores

en la LE, lo cual es esperable debido a que en esta se excluye la aleta caudal. Asimismo, las líneas de error demuestran que en las primeras mediciones no existe variabilidad entre los tratamientos, pero en la medición final nuevamente se observa una marcada diferencia a favor del patrón contorneado con valores de 2.128 cm en la LT y 1.746 cm en la LE, respecto a los grises que tuvieron valores finales de 1.784 cm y 1.472 cm, respectivamente.

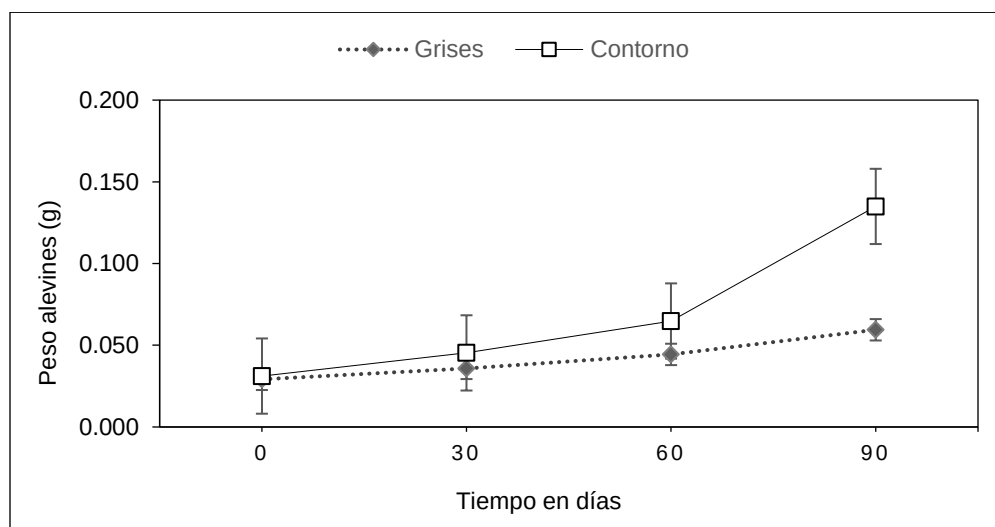


Figura 2. Relación peso-tiempo para alevines de *G. viviparus* con distinto patrón de coloración.

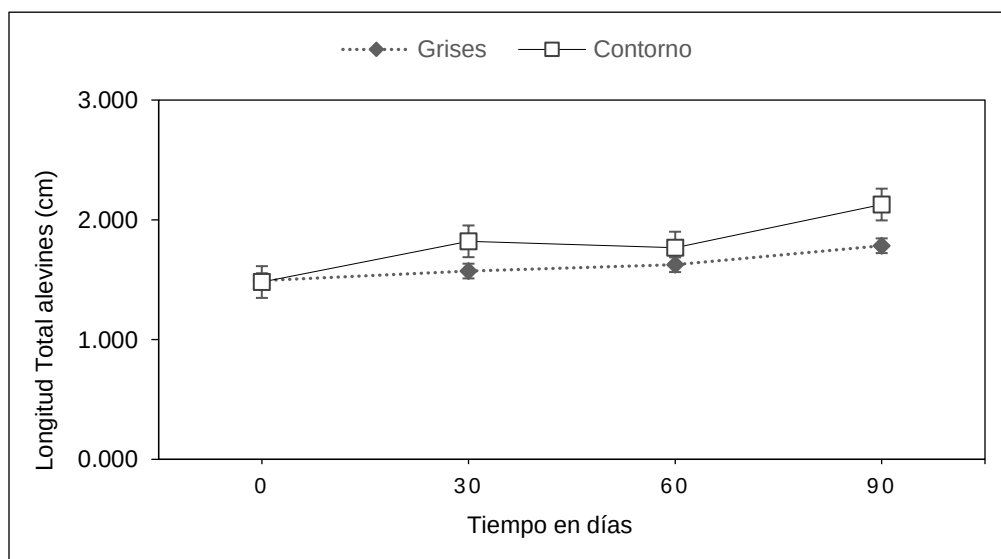


Figura 3. Relación LT-tiempo para alevines de *G. viviparus* con distinto patrón de coloración.

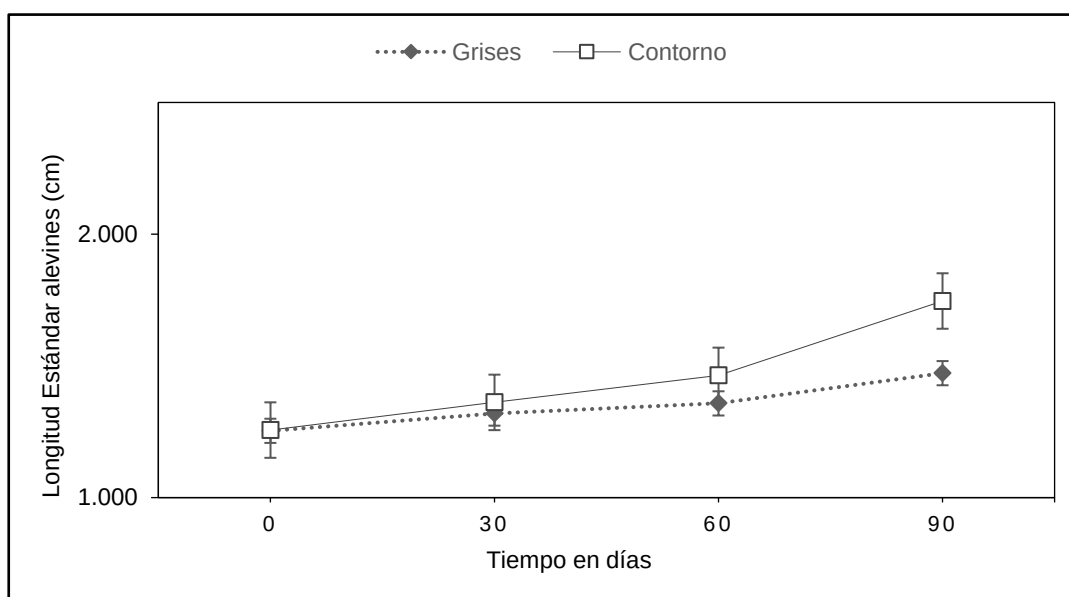


Figura 4. Relación LE-tiempo para alevines de *G. viviparus* con distinto patrón de coloración.

En los datos referentes a la Ganancia Diaria de Peso (GDP) (Figura 5) se confirman los datos anteriores, donde los alevines contorneados presentaron un crecimiento ascendente y con mayores ganancias respecto a los alevines grises quienes dentro del periodo evaluado alcanzaron su límite de crecimiento prontamente manteniendo valores promedio entre 0.00033 y 0.00039 g/día.

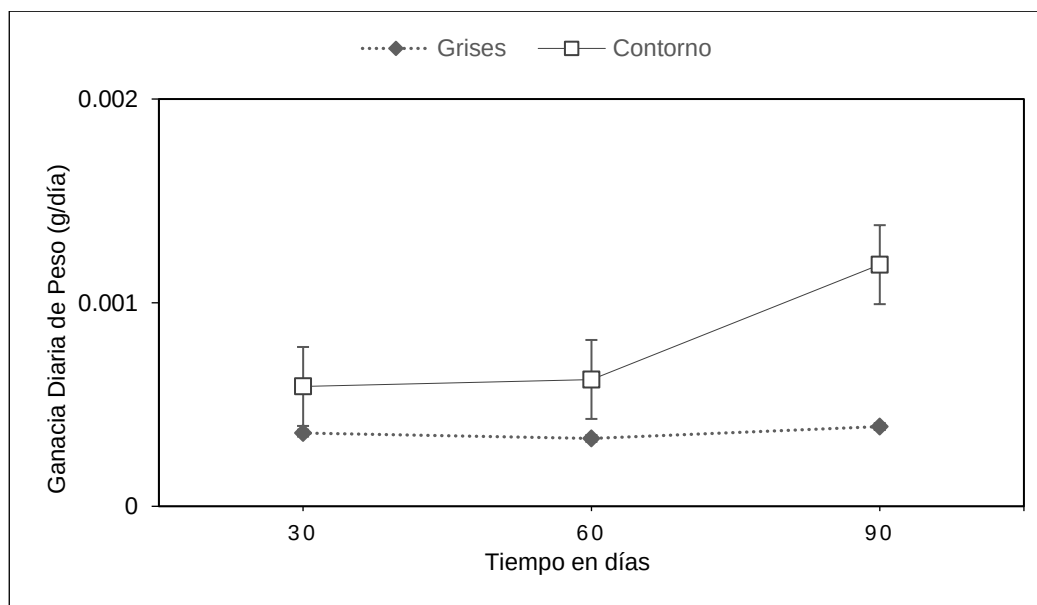


Figura 5. Relación entre la Ganancia Diaria de Peso (GDP) y el tiempo en días por patrón de coloración en alevines.

En cuanto a la Tasa Específica de Crecimiento (TEC) (Figura 6) desde el inicio se observa la diferencia entre los alevines grises y los contorneados, donde los alevines grises muestran valores entre los 0.862 y 1.102 %/día, mientras que los alevines contorneados muestran valores mínimos de 1.499 %/día y máximos de 1.764 %/día. Cabe destacar que los valores mínimos de ambos patrones de coloración se presentan en la medición a los 60 días lo cual puede deberse a la mortandad entre las mediciones habiendo una recuperación en la medición final.

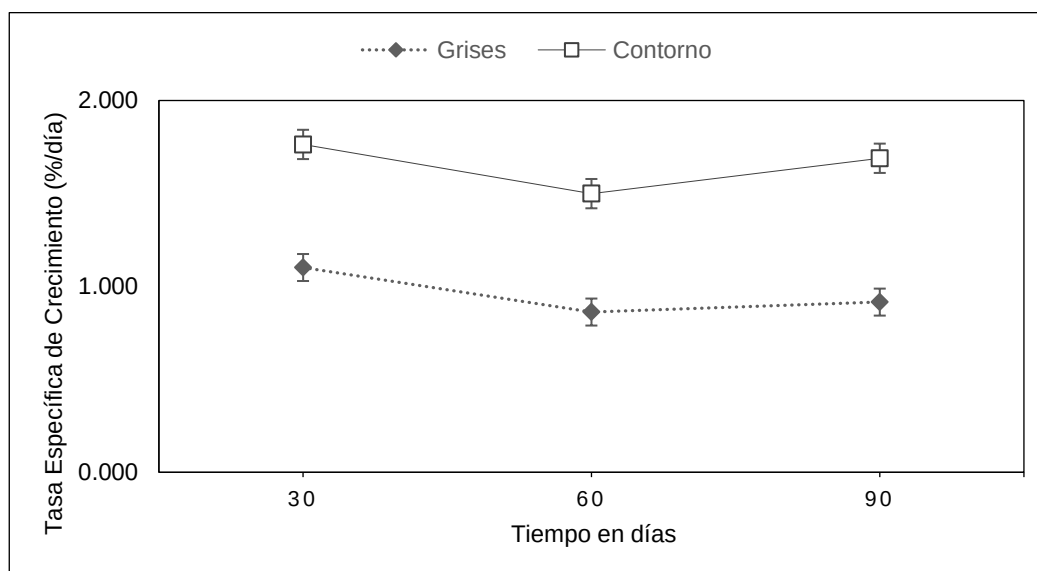


Figura 6. Relación entre la Tasa Específica de Crecimiento y el tiempo en días por patrón de coloración en alevines.

Los valores promedio de los parámetros fisicoquímicos de los tratamientos se muestran en la Cuadro 4, los cuales no presentaron fluctuaciones marcadas manteniendo valores similares en todo el experimento. Los valores mayores registrados fueron los nitritos en el caso del patrón gris con un promedio de 4.4 mg/L y los nitratos para el patrón de contorno con un promedio de 4.7 mg/L.

Cuadro 4. Valores promedio y desviación estándar para los parámetros fisicoquímicos registrados por patrón de coloración.

Variables	Patrones de coloración	
	Grisés	Contorno
Temperatura (C°)	18.8 ± 1.5	18.8 ± 1.5
pH	8.1 ± 0.4	8.1 ± 0.4
Nitritos (mg/L)	4.4 ± 17.7	1.5 ± 4.4
Nitratos (mg/L)	3.9 ± 3.9	4.7 ± 5.4
Amonio (mg/L)	0.5 ± 0.7	0.7 ± 1.2

Al finalizar el experimento fue posible distinguir los sexos de los alevines observando los rasgos sexuales externos. De los 13 organismos sobrevivientes del tratamiento de patrón gris, se clasificaron en 2 (15%) machos y 11 (85%) hembras; y en el tratamiento de patrón contorneado que finalizó con 35 organismos se identificaron 15 (43%) machos y 20 (57%) hembras.

De estos resultados, en el tratamiento de patrón gris solo un macho correspondió a dicha coloración y en el tratamiento de patrón contorno, 11 individuos presentaron coloración grisácea y únicamente 4 correspondieron al patrón contorneado.

Los resultados obtenidos muestran un patrón de selección sexual recíproca entre los adultos reproductores donde factores como la selección natural y el ambiente influyeron en la reproducción. Específicamente, se observó que las hembras de mayor peso y talla no solo atraen más la atención de los machos, sino que también están asociadas con una mayor fecundidad (Méndez-Janovitz & García, 2017). Asimismo, las primeras hembras en quedar grávidas fueron las pertenecientes al tratamiento de contorno lo cual puede indicar que dicho patrón de coloración es el preferido en los machos al presentar aletas más elaboradas que funcionan como adornos sexuales y que se utilizan durante el cortejo y la cópula (Ritchie *et al.*, 2005; Macías García & Valero, 2010).

Las hembras de este experimento presentaron partos secuenciales con un periodo de gestación promedio de 33 días para ambos tratamientos, este resultado es coherente con lo mencionado por Silva-Santos *et al.* (2016) quienes mencionan que el periodo de gestación en peces goodeidos en condiciones de laboratorio es de 30 a 90 días, siendo influenciado por el fotoperiodo, la temperatura y el estado nutricional de las hembras. Por otro lado, ambos tratamientos presentaron un promedio de 15 crías lo cual es un valor bajo en comparación a lo reportado por Díaz-Pardo (2002) quién menciona que hembras de entre 30 y 45 mm de Longitud Estándar tienen un promedio de 17 alevines; y lo reportado por Cruz-Gómez *et al.* (2006) quien menciona que en condiciones *ex situ* el promedio de alevines nacidos por hembra es de 18 individuos.

La disparidad en la supervivencia de los alevines puede sugerir que los peces contorneados tuvieron una ventaja fisiológica sobre los grises o puede ser atribuible mayormente a los factores externos como: la calidad y la competencia por el alimento disponible, la temperatura, el oxígeno, la probable proliferación de hongos, bacterias o parásitos e incluso cierto grado de canibalismo por parte de los progenitores (Montesino González, 2013; Campos, 2023).

En cuanto al crecimiento de los alevines, el tratamiento de contorno tuvo mejores valores durante el experimento tanto en la Ganancia Diaria de Peso (GDP) como en la Tasa Específica de Crecimiento (TEC), no obstante, cabe mencionar que esto puede ser debido al muestreo y análisis conjunto de ambos sexos. Devlin & Nagahama (2002) enfatizan que en la mayoría de los peces las hembras crecen más rápido y viven más que los machos, por lo que al calcular el peso y las longitudes a partir de muestras donde no se han distinguido los sexos, la representación creciente de las hembras tenderá a incrementar el tamaño medio calculado. Esto es acorde a los resultados, puesto que la proporción de sexos final para el tratamiento de contorno fue de 20♀:15♂, mientras que en el tratamiento gris fue de 11♀:2♂. En consecuencia, el mayor peso final observado también se atribuye a la mayor densidad de supervivientes en lugar de a una superioridad en la eficiencia de conversión alimenticia o en la tasa de crecimiento por alevín.

En lo que corresponde a los parámetros fisicoquímicos según lo registrado por Herrera (2019) y Escamilla (2023) en condiciones de cautiverio la temperatura varía en un promedio de 17.7 °C a 19.9 °C, el pH de 8.1 a 8.4, nitritos de 0.03 a 1 mg/L, nitratos de 0.5 a 25 mg/L y el amonio de 0.1 a 0.6 mg/L por lo que se puede concluir que los valores obtenidos se encuentran dentro del rango de una buena calidad del agua para el bienestar de *G. viviparus*. Sin embargo, respecto a la temperatura, Godínez (2001) menciona que, si el objetivo es la reproducción dicha variable no debe ser menor a los 21 °C, pues de no ser así, sólo se registrará un evento reproductivo anual (Silva-Santos *et al.*, 2016) que fue lo sucedido durante el experimento.

Finalmente, en base al estudio de Sugimoto (2002) se puede inferir que el mayor número de machos grises al final del experimento es posiblemente debido a una respuesta fisiológica reversible propia de los organismos vertebrados poiquiloterms, los cuales pueden cambiar su coloración dependiendo de su entorno; siendo la relación entre las intensidades de luz desde arriba y del fondo el factor principal para determinar el color, debido a la respuesta de los cromatóforos. Aunque en muchos casos, la cantidad de pigmentación también está relacionada al éxito en la búsqueda de alimento y de la eficiencia fisiológica de cada individuo (Price *et al.*, 2008).

9. DESCRIPCIÓN DEL VÍNCULO DE LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS CON LOS OBJETIVOS DE FORMACIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS

Los alumnos egresados de la licenciatura en Biología de la UAM-X, poseen la habilidad de generar alternativas para la solución de problemas concretos ante las necesidades de la sociedad en el ámbito de la biología, mediante la construcción de conocimientos sobre los fenómenos biológicos, contribuyendo a la sustentabilidad en el manejo de los recursos naturales, además los egresados se caracterizan por proponer estrategias de conservación, gestión, planeación,

restauración y manejo de los recursos naturales, y por ende colaborando en diferentes sectores de la sociedad. El servicio social por actividades relacionadas con la profesión es el conjunto de actividades realizadas por los alumnos o egresados de la UAM-X en beneficio de la sociedad y el estado, y que permite completar su formación profesional vinculando los conocimientos adquiridos durante su formación académica. Además, mediante esta práctica se brinda la posibilidad de desarrollar valores, capacidades, virtudes y actitudes para formarse como seres humanos integrales (UAM, 2023).

Dicho lo anterior, como parte fundamental en la formación del biólogo, el presente servicio social se desarrollará en el Laboratorio de Limnobiología y Acuicultura de la UAM -X, realizando diversas actividades que se relacionan con la conservación, manejo y mantenimiento de colonias de la especie *Girardinichthys viviparus*, especie que es endémica de la Zona Lacustre de Xochimilco y que actualmente se encuentra en peligro de extinción en su hábitat natural. Ante tal panorama, resulta importante aportar información que permita comprender las historias y ciclos de vida y su aplicación en el diagnóstico de las condiciones que afectan a la productividad de una población para así generar estrategias para su conservación, por lo que durante el servicio social se pondrá en práctica lo aprendido en los módulos de Biodiversidad y Recursos Naturales e Historias de Vida del Plan de Estudios de la licenciatura (UAM-X, 2023).

Los Goodeidos (Pisces, Cyprinodontiformes) forman parte de una familia de peces de agua dulce de cuerpo pequeño, que se encuentran en México y Estados Unidos. Existen dos subfamilias, Empetrichthyinae, con tres especies ovíparas y múltiples subespecies que se encuentran en la Gran Cuenca del suroeste de Estados Unidos, y Goodeinae, con unas 40 especies vivíparas que se encuentran en las tierras altas del Centro de México (Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce de León, 2007; Lyons *et al.*, 2019). El género *Girardinichthys* se distribuye y es endémico del altiplano central de México y está compuesto por cuatro especies: *G. viviparus* (Bustamante, 1837), *G. irenae* (Radda & Meyer, 2003), *G. multiradiatus* (Meek, 1904) y *G. turneri* (De Buen, 1940) (López-Segovia *et al.*, 2024). La especie

Girardinichthys viviparus, comúnmente conocido como “mexcalpique” fue el primer pez dulceacuícola nativo de México en el que se observó el carácter vivíparo (Goodeid Working Group, s.f; Rush Miller, 2009). Históricamente, Alzate y Ramírez (1772) describió en detalle el comportamiento reproductivo y los embriones de un pez vivíparo que Hubbs y Turner (1939) determinaron que probablemente era el godeído *Girardinichthys innominatus* (= *G. viviparus*). Posteriormente, en 1837 Miguel Bustamante Septién describió la especie en la publicación con el título de “Descripción del mexcalpique (*Cyprinus viviparus*)” (Revista Digital Universitaria, 2005). A partir de ello, los estudios sobre el mexcalpique han sido enfocados principalmente en su taxonomía y sistemática, como los trabajos de Girard (1859), Bleeker (1860), Jordan y Evermann (1896-1900), Meek (1902 y 1904), Regan (1906-1908 y 1911), Eigenmann (1910), Hubbs y Turner (1939), De Buen (1942) y Alvarez (1950 y 1970); y sobre aspectos ecológicos como su alimentación, crecimiento, fecundidad, reproducción y ontogenia (Navarrete Salgado *et al.*, 2004).

El mexcalpique tiene una importancia histórica puesto que fue el primer pez nativo descrito por un investigador mexicano (Díaz Pardo, 2004; Gaspar-Dillanes, 2005) y ahora es una de las últimas especies de peces endémicas de la Cuenca de México (Sedeño-Díaz, 2008). Asimismo, estudios previos han revelado que la mayoría de las especies de goodeidos presentan una fuerte diferenciación genética entre sus poblaciones, lo que deriva en una variación intraespecífica importante y divergencias poblacionales elevadas, que a su vez implica que cada población representa una parte de la variabilidad de toda la especie, y que dicha variabilidad podría estar representando adaptaciones evolutivas independientes, e incluso, en algunos casos, linajes evolutivos independientes (Domínguez-Domínguez *et al.*, 2008).

Sin embargo, el mexcalpique es un pez vivíparo con una baja tasa de natalidad y la mayoría de sus poblaciones se han reducido cerca del 80% o se han extinto debido a la degradación de los sistemas acuáticos (Montesino González, 2013; López-Segovia *et al.*, 2024). Algunas de las perturbaciones más importantes que han afectado a esta especie son: la urbanización, contaminación, introducción

de especies exóticas invasoras y sus parásitos, cambio del uso de suelo, desecación de los cuerpos de agua, fragmentación del hábitat y degradación de la calidad del agua por actividades agrícolas, industriales y domésticas (De la Vega-Salazar, 2003; Navarrete-Salgado *et al.*, 2003; Huidobro-Campos *et al.*, 2016 y Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce de León, 2007).

Debido a la disminución de las poblaciones naturales del mexcalpique en su hábitat, la especie se encuentra dentro de la categoría de riesgo como “amenazada” por la NOM-059-SEMARNAT-2010 y a nivel internacional por la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza como especie en “en peligro de extinción (P)” (Koeck, 2018). Lyons *et al.* (2019) mencionan que, a mediados del siglo XX, la especie fue eliminada de los lagos de Texcoco y Chalco y se volvió rara en el lago de Xochimilco, todos los cuales se han vuelto muy reducidos en tamaño, altamente contaminados y dominados por especies de peces exóticas, pero que, a pesar de las malas condiciones ambientales, la población de Xochimilco y Chapultepec, que es muy pequeña han logrado sobrevivir hasta el presente. Sin embargo, en los canales de Xochimilco *G. viviparus* no se ha vuelto a observar desde hace veinte años (Bojorquez y Arana, 2014).

Ante tales evidencias, resulta de vital importancia la conservación de esta especie puesto que es considerada de alta prioridad por su vulnerabilidad, endemismo y por la presión ambiental a la que están sometidas sus poblaciones naturales (Huidobro-Campos *et al.*, 2016) y donde los programas de conservación *ex situ* han demostrado su efectividad para evitar la extinción de los Goodeidos (Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce de León, 2007).

10. BIBLIOGRAFÍA

Arce, E. y J. Luna. 2003. Efecto de dietas con diferente contenido proteico en la tasa de crecimiento de crías de bagre de las balsas, *Ictalurus balsanus* (ictaluridae) en condiciones de cautiverio. *Aquatic* (18): 39-47.

- Bernal Herrera, A. (2019). Reproducción en cautiverio del mexcalpique *Girardinichthys viviparus* y aplicación de una dieta enriquecida con *Saccharomyces cerevisiae* [Tesis, Universidad Autónoma Metropolitana]. <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/bitstream/123456789/24994/1/cbs1972775.pdf>
- Bojórquez, C. L., & Arana, M. F. (2014). Peces de Xochimilco: su ambiente y situación actual. *Serie Académicos CBS, UAM-Xochimilco*, 13-27.
- Campos Rosas, M. C. (2023). Influencia de la edad, talla y peso de hembras grávidas en el tamaño y supervivencia de los alevines del mexcalpique *Girardinichthys viviparus* [Tesis, Universidad Autónoma Metropolitana]. <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/retrieve/dee59b3b-4f5f-4d20-9150-93304b57ea03/250983.pdf>
- Cruz Gómez, A., & Rodríguez Varela, A. (2006). El mexcalpique en peligro de extinción, se reproduce y mantiene en Iztacala. *Gaceta Iztacala* 9 (287): 2. <https://www.iztacala.unam.mx/gaceta/287.pdf>
- De la Lanza Espino, G., y Gómez Rodríguez, G. (2005). Análisis de la evolución geoambiental de corto término de la cuenca endorreica usando imágenes de satélite: El caso del Lago de Tecocomulco, México. *Investigaciones Geográficas*, 58, 66-79. <https://doi.org/10.14350/rig.30048>
- De la Vega-Salazar, M. Y. (2003). Situación de los peces dulceacuícolas en México. *CIENCIAS*, 72, 20-30.
- De la Vega-Salazar, M. Y. (2006). Estado de conservación de los peces de la familia Goodeidae (Cyprinodontiformes) en la mesa central de México. *Revista de Biología Tropical*, 54(1), 163-177.
- Devlin, R. H., & Nagahama, Y. (2002). Sex determination and sex differentiation in fish: An overview of genetic, physiological, and environmental influences. *Elsevier*, 208(3), 191-364. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00057-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00057-1)
- Díaz Pardo, E. (2004). *Girardinichthys viviparus*. *Peces en riesgo de la Mesa Central de México*. Bases de Datos CONABIO.
- Díaz Pardo, E. (2002). *Girardinichthys viviparus*. *Peces en riesgo de la Mesa Central de México*. CONABIO. <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/ise/fichasnom/Girardinichthysviviparus00.pdf>
- Domínguez-Domínguez, O., y Pérez-Ponce de León, G. (2009). ¿La mesa central de México es una provincia biogeográfica? Análisis descriptivo basado en componentes bióticos dulceacuícolas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80(3), 835-852.

- Domínguez-Domínguez, O., y Pérez Ponce de León, G. (2007). Los Goodeidos, peces endémicos del centro de México. *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 (Osteichthyes: Cyprinodontiformes: Goodeidae) en cuencas hidrológicas del centro de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79, 501-512.
- Escamilla Ramírez, L. D. (2024). Influencia de una dieta con carotenoides en el ciclo biológico del mexcalpique *Girardinichthys viviparus* [Tesis, Universidad Autónoma Metropolitana]. <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/retrieve/6bcccd6d-a245-4ee0-9480-a2dd601b9a86/252753.pdf>
- Fascinetto-Zago, P. (2018). *Optimización del comportamiento de cortejo de los machos de Xenotoca variata en función de la luz ambiental* [Tesis]. Benemérita Universidad Autónoma De Puebla.
- Gaspar-Dillanes, M. T. (2005). La Ictiología en México. Un Punto de Vista de la Sociedad Ictiológica Mexicana A.C. (SIMAC). *Revista Digital Universitaria*, 6(10), 1-6.
- Girardinichthys viviparus*. (s. f.). Goodeid Working Group. Recuperado 3 de enero de 2025, de <https://www.goodeidworkinggroup.com/girardinichthys-viviparus>
- Godínez Torres, F. (2001). Estudio de las condiciones ambientales que favorezcan el mantenimiento y reproducción del Mexcalpique *Girardinichthys viviparus* (GOODEIDAE), en condiciones de laboratorio [Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México]. <https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/a95a3b93-e695-49de-8359-12b55988df18/content>
- Gómez-Márquez, J. L., Peña-Mendoza, B., Guzmán-Santiago, J. L., Salgado-Ugarte, I. H., Cervantes-Sandoval, A., Bautista-Reyes, C., y Alejo-Plata, M. del C. (2020). *Determinación de la edad y crecimiento de organismos acuáticos con énfasis en peces*. UNAM, FES Zaragoza.
- 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.
- González Hernández, N., & Reyes González, A. (2024). Prueba de hipótesis en R: Prueba t de Student y prueba de Wilcoxon. *Opuntia Brava*, 16(3).

- Huidobro-Campos, L., Valencia-Díaz, X., Álvarez-Pliego, N., y Espinosa-Pérez, H. (2016). Peces. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México* (Vol. 2, pp. 376-382). CONABIO/SEDEMA.
- Koeck, M. 2019. *Girardinichthys viviparus*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2019: e.T9196A3150258. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-2.RLTS.T9196A3150258.en>.
- López-Segovia, E., Pérez-Díaz, J., Del Moral-Flores, L. F., y Hernández-Arellano, T. (2024). New records on the distribution of the Mexclapique, *Girardinichthys viviparus* (Bustamante, 1837) (Cyprinodontiformes, Goodeidae), an endangered species in Mexico. *Neotropical Biology and Conservation*, 19(3), 347-359. <https://doi.org/10.3897/neotropical.19.e126767>
- Lyons, J., Piller, K. R., Artigas-Azas, J. M., Domínguez-Domínguez, O., Gesundheit, P., Köck, M., Medina-Nava, M., Mercado-Silva, N., Ramírez García, A., y Findley, K. M. (2019). Distribution and current conservation status of the Mexican Goodeidae (Actinopterygii, Cyprinodontiformes). *ZooKeys*, 885, 115-158. <https://doi.org/10.3897/zookeys.885.38152>
- Macías García, C. (2014). Mode of Reproduction, Mate Choice, and Species Richness in Goodeid Fish. En *Sexual Selection: Perspectives and Models from the Neotropics* (pp. 253-288). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416028-6.00010-4>
- Macías-García, C., & Valero, A. (2010). Context-dependent sexual mimicry in the viviparous fish *Girardinichthys multiradiatus*. *Ethology Ecology & Evolution*, 13(4), 331–339. <https://doi.org/10.1080/08927014.2001.9522764>
- Méndez-Janovitz, M., & Macías García, C. (2017). Do male fish prefer them big and colourful Non-random male courtship effort in a viviparous fish with negligible paternal investment. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 71(160). <https://doi.org/10.1007/s00265-017-2385-2>
- Méndez-Janovitz, M., Gonzalez-Voyer, A., & Macías Garcia, C. (2019). Sexually selected sexual selection: Can evolutionary retribution explain female ornamental colour? *Journal of Evolutionary Biology*, 32(8), 833-843. <https://doi.org/10.1111/jeb.13485>
- Miller, R. R. 1. a., Minckley, W. L. a., Norris, S. M. a., & Schmitter Soto, J. J. D. t. 2. (2009). *Peces dulceacuícolas de México*. Distrito Federal, México Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad Sociedad Ictiológica Mexicana El Colegio de la Frontera Sur Desert Fishes Council.
- Montesino González, L. (2013). *Edad y crecimiento de Girardinichthys viviparus en el lago urbano de la Alameda Oriente, D.F.* [Tesis]. Universidad Nacional Autónoma de México.

- Moreno-Álvarez, M. J., J. G. Hernández, R. Rovero, A. Tablante y L. Rangel. 2000. Alimentación de tilapia con raciones parciales de cáscara de naranja. *CyTA*, 3 (1): 29-33
- 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*, 15, 1-6.
- Navarrete-Salgado, N. A., Cedillo-Díaz, B. E., Contreras-Rivero, G., y 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 (*Girardinichthys viviparus* Bustamante) en Cuerpos de Agua del Centro de México. *Revista Chapingo*, 9(2), 143-146.
- Price, A. C., Weadick, C. J., Shim, J., & Rodd, F. H. (2008). Pigments, Patterns, and Fish Behavior. *Zebrafish*, 5(4), 297–307. <https://doi.org/10.1089/zeb.2008.0551>
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. (2010). *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Gobierno de México. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4254/semarnat/semarnat.htm>
- Ritchie, M. G., Hamill, R. M., Graves, J. A., Magurran, A. E., Webb, S. A., y Macías García, C. (2007). Sex and differentiation: Population genetic divergence and sexual dimorphism in Mexican goodeid fish. *Journal of Evolutionary Biology*, 20(5), 2048-2055. <https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2007.01357.x>
- Ritchie, M. G., Webb, S. A., Graves, J. A., Magurran, A. E., y Macías García, C. (2005). Patterns of speciation in endemic Mexican Goodeid fish: Sexual conflict or early radiation? *Journal of Evolutionary Biology*, 18(4), 922-929. <https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2005.00919.x>
- Schindler, J. F., y De Vries, U. (1986). Ultrastructure of Embryonic Anal Processes in *Girardinichthys viviparus* (Cyprinodontiformes, Osteichthyes). *Journal of Morphology*, 188(2), 203-224. <https://doi.org/10.1002/jmor.1051880207>
- Sedeño-Díaz, J. E., y López-López, E. (2008). Threatened fishes of the world: *Girardinichthys viviparus* (Bustamante 1837) (Cyprinodontiformes: Goodeidae). *Environmental Biology of Fishes*, 84(1), 11-12. <https://doi.org/10.1007/s10641-008-9380-4>

- Silva-Santos, J. R., Martínez-Saldaña, Ma. C., Rico-Martínez, R., Gómez-Márquez, J. L., & Arredondo-Figueroa, J. L. (2016). Reproductive Biology Of *Goodea atripinnis* (JORDAN, 1880) (CYPRINODONTIFORMES: GOODEIDAE) Under Controlled Conditions. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 4(2). [http://dx.doi.org/10.18006/2016.4\(2\).180.193](http://dx.doi.org/10.18006/2016.4(2).180.193)
- UAM-X. 2023.Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco Plan y Programas de estudios. Licenciatura en Biología.
- Wayne, W. D. (1993). Bioestadística. Ed. Limusa, México. Pp. 563-579.
- Wootton, R. F. (1991). Ecology of Teleost Fishes, Fish and Fisheries. University College of Wales, Aberystwyth, New York. 404pp
- Zaret, T. M. (1984). Ecología evolutiva de peces neotropicales de agua dulce. En T. M. Zaret (Ed.), *Evolutionary ecology of neotropical freshwater fishes* (Vol. 3, pp. 159-164). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-015-7682-6_12