



**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Facultad de Estudios Superiores Iztacala**

**Madurez sexual y potencial reproductivo de**  
***Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae)**  
**en el embalse de Salazar**

Que para obtener el título de

**BIÓLOGA**

PRESENTA

**Verónica Vázquez Guerra**

Asela del Carmen Rodríguez Varela

Directora de Tesis

Los Reyes Iztacala, Estado de México, 2013





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**El presente trabajo fue apoyado por la UNAM a través de la CARRERA DE BIOLOGÍA de la FES Iztacala, por el PROGRAMA DE APOYO A PROYECTOS PARA LA INNOVACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA ENSEÑANZA (PAPIME) de la DGAPA proyecto EN203804 y por el PROGRAMA DE APOYO A LOS PROFESORES DE CARRERA PARA PROMOVER GRUPOS DE INVESTIGACIÓN (PAPCA) y se realizó en el LABORATORIO DE ECOLOGÍA DE PECES a cargo de los profesores Biol. Asela del Carmen Rodríguez Varela y M. en C. Adolfo Cruz Gómez, instituciones y laboratorio a los que agradezco su apoyo.**

*A mi mamá*  
*Guillermina Guerra Zepeda*

*Te amo*



## Gracias totales

Mamá por darme la vida, por el amor incondicional, por apoyarme siempre, por tus valiosos consejos, por compartir conmigo toda tu sabiduría, por ser mi amiga, confidente, maestra, heroína, por ser la mejor mamá que cualquiera pudiera siquiera imaginar. Me has enseñado que todo se puede lograr con trabajo arduo, eres la creadora de mi mundo y a quién más amo.

A mis comiwis Eli e Ingrid por estar a mi lado en las buenas y sobre todo en las malas, por su valiosa amistad desde hace ya varios años, y los que nos faltan, los amo tanto hermanitas del alma.

A Edgarin, Ivanón y Richi por las pláticas variadas llenas de sarcasmo, gracias por siempre estar al tanto de mis absurdas y blasfemas palabras.

A Daleth por ser mi guía a lo largo de la carrera, eres una persona muy bella y te agradezco de todo corazón la ayudada que siempre me has brindado.

A Sandra y a los ritos de mar (Chuchito, la Nalles, Monse de mar, Nellys, Pao, pirhugo, Richiberto y Toñito) mis amados biólogos-colegas gracias por los momentos de diversión y más que nada por ser mi mano derecha en tantos trabajos.

A mis compañeros de laboratorio y buenos amigos mi amor y Dianita alias Chinise Montalvo por hacer amenas las largas horas de trabajo. Además a la Güera, Heectoor y Pedrito por su compañía y apoyo cuando más los he necesitado.

A Pedrito por inspirar estas gracias totales, por darme la oportunidad de ser tu amiga y por esforzarte día a día para mejorar en todo.

A todos ustedes amigos míos les agradezco el permitirme ser parte de sus vidas.



A la Bióloga Asela del Carmen Rodríguez Varela por todo el conocimiento transmitido, por el apoyo recibido para realizar este trabajo, por la comprensión, la paciencia y las enseñanzas de vida.

A mis sinodales Sergio Cházaro Olvera, Adolfo Cruz Gómez, Rafael Chávez López y Horacio Vázquez López por las valiosas revisiones hechas a este trabajo.

A la UNAM y sus contribuyentes, por permitirnos a los jóvenes de este país y del extranjero estudiar en una de las mejores universidades del mundo a tan bajo costo que resulta gratis.

*"Nunca perdáis contacto con el suelo; porque sólo así tendréis una idea aproximada de vuestra estatura"*

Antonio Machado

*"No podía ser uno un buen científico sin comprender que, en contraste con la concepción popular sostenida por los periódicos y por las madres de los científicos, buen número de ellos no sólo son obtusos y de mentalidad estrecha, sino también simplemente estúpidos"*

James Watson



## Contenido

Resumen .....	1
Introducción .....	2
Objetivos.....	3
Objetivo General.....	3
Objetivos particulares .....	3
Antecedentes.....	4
Área de estudio .....	4
Material y métodos .....	6
Resultados.....	13
Características del hábitat .....	13
Hembras .....	15
Características generales.....	15
Características mensuales .....	21
Enero .....	22
Febrero .....	23
Abril.....	24
Mayo .....	25
Julio.....	26
Agosto.....	27
Septiembre.....	27
Noviembre.....	28
Machos .....	29
Características generales.....	29
Características mensuales .....	30
Enero .....	33
Febrero .....	33
Abril.....	34
Mayo .....	34
Julio.....	35
Agosto.....	35
Septiembre.....	36
Noviembre.....	36
Discusión .....	37
Conclusiones .....	47
Referencias .....	49

## Resumen

En el presente trabajo se analizaron algunas características reproductivas y de crecimiento del pez amarillo *Girardinichthys multiradiatus* (Meek, 1904), en el embalse de Salazar, Estado de México. Se realizaron muestreos mensuales con red de cuchara para la colecta de organismos de enero a noviembre de 2010. Estos fueron fijados con formol y trasladados al Laboratorio de Ecología de Peces de la FESI, donde fueron sexados, medidos y pesados, se obtuvieron el factor de condición, índice gonadosomático, índice hepatosomático, la talla de primera reproducción, la relación longitud-peso, el modelo de fecundidad y la temporada reproductiva. El sistema se caracterizó por ser templado (temperatura promedio de 13.81 °C), sobresaturado de oxígeno disuelto (8.76 mg/L), con una capacidad de amortiguación alta (pH promedio de 8.40) y de aguas duras (alcalinidad total promedio de 56.03 ppm de CaCO<sub>3</sub>). La talla mínima fue 1.09 cm y la máxima 5.43 cm. La proporción sexual de la población durante el año fue 1:1, al igual que en febrero, mayo, agosto y septiembre, aunque en enero y abril fue a favor de hembras y en julio y noviembre fue a favor de machos ( $p < 0.05$ ). El mayor número de embriones fue de 57 y se registró en abril en una hembra de 5.43 cm, el mínimo número de embriones fue de cuatro y se observó en enero en una hembra de 2.36 cm. La talla de primera madurez para hembras fue de 2.8 cm de longitud estándar, con camadas de 18 embriones. El IGS mostró una relación inversa al IHS y al factor de condición y resultó ser un buen indicador de la madurez sexual del pez amarillo al relacionarse con la madurez gonádica de hembras y machos. La fecundidad absoluta estuvo representada por el modelo  $F = 0.2818L^{3.1232}$  presentó una relación con la longitud, aumentando al incrementarse la talla de las hembras. El tipo de crecimiento fue alométrico, aunque varió en positivo y negativo según el mes y su condición de crecimiento ( $p < 0.05$ ). *Girardinichthys multiradiatus* presenta de agosto a febrero, la temporada de menor fecundidad y por ende no reproductiva, sino de preparación para el proceso de la reproducción y de marzo a julio es la temporada de reproducción, donde se presentan los valores más altos de fecundidad, siendo julio, el pico máximo de ésta. Los factores que más influyen durante el proceso, son la temperatura del agua y concentración de oxígeno disuelto y evidentemente, la presencia de ambos sexos, su talla y peso. El pez amarillo en el embalse de Salazar aún no ha sido afectado en su proceso reproductivo debido a que se observaron juveniles y organismos maduros de hembras y machos a lo largo del estudio.

## Introducción

*"Hemos esclavizado y maltratado tanto al resto de la creación que, si pudieran formular una religión, sin lugar a dudas representarían al diablo con nuestra forma"*

William Ralph Inge

Debido a su ubicación y topografía accidentada en México se ha desarrollado una gran diversidad de cuerpos de agua y una diversidad biótica rica en especies nativas (Aguilar, 2003).

En el país existen aproximadamente 70 lagos y la ictiofauna está compuesta por 506 especies y 47 familias; esto representa el 60% de especies de América del Norte y el 6% de las especies conocidas en el planeta, la familia Goodeidae es una de las más representativas de México, cuenta con 40 especies de las cuales 37 son endémicas, y la cuenca con mayor porcentaje de endemismos (58%) es Lerma-Santiago con 57 especies. Esta cuenca es considerada como una de las más importantes por ubicarse en el centro del país, en la región se desarrolla gran actividad agrícola e industrial y se han creado numerosas presas y diques. Lo anterior ha contribuido a que en especial el río Lerma sea uno de los más contaminados, cuya consecuencia ha sido la desaparición de la fauna, flora y algunas porciones del hábitat de la cuenca (De la Vega, 2003).

*Girardinichthys multiradiatus* (Meek, 1904) conocido como pez amarillo o Mexcalpique del Lerma pertenece a la familia Goodeidae. Es un pez pequeño que alcanza tallas máximas no mayores a 80 mm de longitud total, es una especie vivípara con un marcado dimorfismo sexual, los machos presentan una aleta anal modificada (espermatopodio) que funciona como un órgano que facilita la fecundación interna. La reproducción ocurre durante todo el año y tiene camada de hasta 30 crías, vive por lo regular muy próximo a la orilla entre la vegetación sumergida, donde encuentra refugio de los depredadores, en ambientes con poco movimiento en sus aguas como pozas o zanjas, en profundidades no mayores a 1.0 m, frecuentemente menores a 0.6 m. El pez amarillo se distribuye en la parte

superior de las cuencas de los ríos Balsas, Lerma-Santiago y Pánuco en los estados de México, Michoacán y Querétaro (Miller *et al.*, 2005; CONAP, 2011).

A pesar del carácter endémico de *G. multiradiatus* o tal vez debido a esto, se conoce poco sobre su biología básica, por ejemplo sobre sus aspectos reproductivos tales como madurez sexual, talla de primera madurez y temporada reproductiva, aspectos que son esenciales en el conocimiento de las especies animales, puesto que definen la permanencia en el hábitat, el equilibrio de las poblaciones y son base del desarrollo ontogenético y evolutivo de las mismas (Uribe-Aranzábal *et al.*, 2004).

## Objetivos

### Objetivo General

Analizar las características reproductivas y de crecimiento de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) en el embalse de Salazar, Estado de México durante un ciclo anual de 2010.

### Objetivos particulares

- Caracterizar el hábitat del pez amarillo con base a las condiciones de profundidad, transparencia, temperatura del agua, pH, oxígeno disuelto, conductividad y alcalinidad.
- Estimar la proporción sexual del pez amarillo.
- Determinar la madurez gonádica del pez amarillo.
- Definir la talla de primera madurez o reproducción del pez amarillo.
- Obtener la relación peso-longitud de hembras y machos mensualmente del pez amarillo.
- Determinar el tipo de crecimiento de hembras y machos mensualmente del pez amarillo.
- Definir la temporada reproductiva del pez amarillo para el embalse Salazar.
- Estimar el potencial reproductivo del pez amarillo para el embalse Salazar.

## Antecedentes

Sobre *G. multiradiatus* existen trabajos que han abordado aspectos acerca de su comportamiento, alimentación y biología, entre los trabajos más notables destacan los de Macías-García y Perera (2002), Burt y Macías-García (2003), Macías-García y Saborío (2004), Rivas (2004), Cruz-Gómez *et al.* (2005), García (2006), Trujillo-Jiménez y Espinosa (2006), Flores (2007), Navarrete-Salgado *et al.* (2007) y de la Cruz (2010). Sin embargo, existen pocos trabajos sobre reproducción, como los de Mendoza (2005), Navarrete *et al.* (2007), Cruz *et al.* (2010), Cruz-Gómez *et al.* (2011) y Cruz-Gómez *et al.* (2013).

## Área de estudio

El embalse de Salazar (Fig. 1) se ubica en el Valle de Salazar, el cual colinda con los municipios de Huixquilucan, Ocoyoacac y Lerma, sobre la carretera México Toluca en las coordenadas 19° 18' 0.53" y 19° 18' 19.36" LN y 99° 23' 087.87" y 99° 23' 25.67" LO (Fig. 2) (INEGI, 2009), a una altura de 3000 metros sobre el nivel del mar.



Fig. 1. Vista panorámica de la laguna de Salazar.



**Fig. 2. Vista satelital del área de estudio.  
Tomado de Google Earth (2011).**

El clima de la zona de trabajo, de acuerdo a INEGI (1983) corresponde a un tipo C (w2) (w)b(i') definido como templado subhúmedo con lluvias de verano de temperatura media anual entre 12 y 18 °C y precipitación anual de 809.3 mm, es el más húmedo de los templados con lluvias de verano, cociente P/T mayor de 55.0; y un porcentaje de lluvia invernal de 5% de la anual. La máxima incidencia de lluvias se presenta en junio, con un intervalo que oscila entre 160 y 170 mm; y la mínima se registra en febrero y diciembre, con un valor menor de 10 mm. Los meses más cálidos son abril, mayo y junio, con una temperatura media de 13 a 14 °C y los meses más fríos son enero y febrero, con medias que fluctúan entre 8 y 9 °C.

La vegetación que predomina en la zona son cultivos y bosque de Oyamel-Pino, la vegetación secundaria (matorral inerme, asociaciones espaciales de vegetación) (INEGI, 1986; INEGI, 2009). La geología está representada por materiales ígneos de tipo basalto considerados como buenas zonas de recarga y por materiales granulares considerados como buenos acuíferos libres (INEGI, 2009).

El área se encuentra dentro de la provincia fisiográfica altiplanicie Neovolcánica, subprovincia Lagos y volcanes del Anáhuac, caracterizados por tener una serie de conos volcánicos. Los principales intemperismos del área de estudio son los químicos, hídricos (en época de lluvias se tienen escurrimientos) y eólicos (de poca intensidad, ya que por ser un clima frío húmedo crece hierba que controla la erosión por vientos) consolidado de diferentes proporciones. El embalse está localizado en la región hidrológica conocida como “Lago Texcoco-Zumpango” y se encuentra cerca del río la Marquesa-Acueducto (INEGI, 1974).

Los suelos son buenos para la producción agrícola y pastizales, sin embargo, las condiciones climáticas hacen que los productos agrícolas sean restringidos (UAEMEX, 2008). El uso del suelo en la zona es para la agricultura (42.45%) y zona urbana (5.92%), vegetación bosque (41.55%), pastizal (10.07%) y tular (0.01%).

## Material y métodos

Se realizaron muestreos mensuales del 15 de enero al 4 de noviembre de 2010 en dos estaciones, las cuales se seleccionaron con base a las características bióticas en las que se localiza *G. multiradiatus*. En cada uno de los muestreos y estaciones se georeferenciaron los sitios de colecta con un geoposicionador Magellan Map 410 y se registraron los siguientes parámetros fisicoquímicos: Oxígeno disuelto en agua con oxímetro OAKTON; pH con potenciómetro digital marca ORION 290; temperatura y conductividad con un conductímetro YSI 30; transparencia con un disco de Secchi y sonda portátil marca Speedtech Instruments para medir profundidad.

Se realizó la colecta de peces con una red de cuchara con dimensiones de 45 x 25 cm de boca, profundidad de 30 cm y 2 mm de abertura de malla, en cada muestreo y estación se realizaron diez arrastres de tres metros de longitud cada uno sobre la vegetación sumergida, ya que los organismos de la especie viven próximos a la orilla entre la vegetación sumergida (Miller *et al.*, 2005).

Los ejemplares capturados fueron fijados en formol al 10 % y trasladados al Laboratorio de Ecología de Peces de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM.

Siguiendo la metodología propuesta por Bagenal (1978), cada ejemplar colectado fue sexado y medido en su longitud patrón con un vernier digital marca Scala calibrado hasta centésima de milímetro y pesado con una balanza digital Acculab VI-1 mg de 0.001 g de precisión. Para la elaboración de los modelos de crecimiento y fecundidad todos los organismos fueron agrupados considerando la talla máxima y el grado de madurez gonádica, en frecuencia de tallas con intervalos de 3 mm (Cruz *et al.*, 2010). Cada pez se disectó realizando un corte de manera semirectangular desde el ano hasta el comienzo del opérculo. Se extrajeron la gónada e hígado y se pesó cada uno en la balanza digital anteriormente mencionada (Rodríguez, 1992).

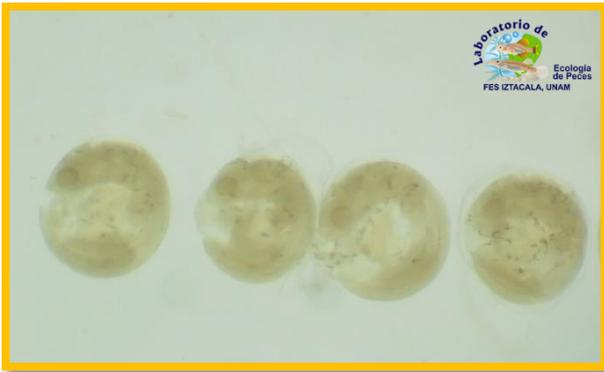
De las gónadas se separaron y contaron los huevos inmaduros (ovocitos), huevos maduros (óvulos), huevos con embrión y embriones (Figs. 3, 4, 5 y 6).



**Fig. 3. Gónada con huevos inmaduros.**



**Fig. 4. Huevos fecundados.**



**Fig. 5. Huevos con embrión.**



**Fig. 6 Embriones.**

Para la evaluación de la madurez gonádica en hembras se utilizaron los índices basados fundamentalmente en el peso de la gónada e hígado, además del factor de condición; mientras que en los machos se utilizó el índice gonadosomático y el factor de condición. Los algoritmos empleados fueron:

El factor de Condición Simple (K) o Índice Ponderal (IP), basado en la relación que guarda la longitud total o patrón del pez, con su peso. Debido a que las proporciones somáticas de crecimiento permanecen constantes se ha propuesto la siguiente fórmula (Rodríguez, 1992):

$$K = \frac{W}{L^b} 100 \quad \text{ó} \quad IP = \frac{W}{L^b} 100$$

Donde:

K = Factor de Condición

IP = Índice Ponderal

W = Peso en gramos del pez

L = Longitud en centímetros

b = pendientes de la regresión potencial

La evaluación de la madurez gonádica se determinó utilizando el índice gonadosomático (IGS) y el hepatosomático (IHS) siguiendo el criterio de Rodríguez (1992). El índice gonadosomático se basa en que el peso de la gónada con respecto al peso total del organismo guarda una relación directa que explica el estado de desarrollo gonádico, se expresa bajo la siguiente fórmula:

$$IGS = \frac{Wg}{Wt} 100$$

Donde:

IGS = Índice gonadosomático

Wg = Peso en gramos de la gónada

Wt = Peso en gramos del ejemplar

El índice hepatosomático se basa en la relación que existe entre el peso del hígado y el peso del ejemplar. Esta relación, es específica para hembras ya que el hígado segrega vitelogeninas durante la vitelogénesis exógena que van a ser captadas por el óvulo en desarrollo. Su fórmula es la siguiente:

$$IHS = \frac{Wh}{Wt} 100$$

Donde:

IHS = Índice hepatosomático

Wh = Peso en gramos del hígado del pez

Wt = Peso en gramos del ejemplar

Con los datos obtenidos de los huevos con embrión y embriones se obtuvo el modelo de fecundidad, el cual se ajustó al modelo potencial  $F = aL^b$  (Holden y Raitt, 1975; Schoenherr 1977; Wootton, 1992). Para conocer el potencial reproductivo de la especie se obtuvo el índice de fecundidad descrito por Rodríguez (1992), considerando la fecundidad absoluta, como el número de huevos que se encuentran en el ovario a nivel individuo.

$$F = aL^b$$

Donde:

F = Fecundidad

a = Constante u ordenada al origen

b= Pendiente

L = Longitud en centímetros del pez

La proporción sexual fue calculada con los datos mensuales del número de hembras y machos, para determinar el grado de significancia se aplicó la prueba de  $\chi^2$  (ji cuadrada) utilizando el estadístico (Zar, 1999):

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

Donde:

$\chi^2$  = Valor de ji cuadrada

O= Frecuencia observada

E= frecuencia esperada

Hipótesis Nula (Ho): La proporción sexual entre hembras y machos es igual, es decir, la proporción de hembras y machos es 1:1 o la población está compuesta por 50% hembras y 50% machos.

Hipótesis Alternativa (Ha): La proporción sexual entre hembras y machos es diferente, es decir, la proporción de hembras y machos no es 1:1 o la población no está compuesta por 50% hembras y 50% machos.

La regla de decisión fue:

Se acepta Ho si:  $\chi^2 < \chi^2_{.05,1}$

Se rechaza Ho si:  $\chi^2 > \chi^2_{.05,1}$  y por lo tanto se acepta Ha

Para determinar el tipo de crecimiento que presentó el pez se aplicó la relación peso-longitud, de acuerdo a lo propuesto por Ricker (1975) y Bojórquez (1998):

$$w = al^b$$

Donde:

w= Peso en gramos del pez

a= Factor de condición

l = Longitud en centímetros del pez

b= Tipo de crecimiento

Para determinar el grado de significancia al valor de la pendiente y definir si estadísticamente es igual a tres, se aplicó la prueba de t-Student:

$$t_{exp} = \frac{b_1 - \beta_1}{S_{b1}}$$

Donde:

$b_1$  = Valor de la pendiente del análisis de regresión

$\beta_1$  = Pendiente a probar = 3

$S_{b1}$  = Error estándar de la pendiente

$e^2$  = Residuos al cuadrado (valor obs.-valor teórico) al cuadrado

$$S_{b1} = \sqrt{\frac{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n-2}}{\sum_{i=1}^n x_i - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n}}}$$

Hipótesis Nula (Ho):  $b = 3$  el crecimiento es de tipo isométrico.

Hipótesis Alternativa (Ha):  $b \neq 3$  el crecimiento no es de tipo isométrico y por lo tanto es alométrico.

Menor a 3: alometría positiva, mayor el peso que la longitud o un crecimiento desproporcionado del peso con respecto a la longitud. Adultos en reproducción o listos para reproducción (engordando después de haber alcanzado su madurez).

Mayor a 3: alometría negativa, menor el peso que la longitud o hay un crecimiento desproporcionado del peso con respecto a la longitud. Larvas o crías o juveniles en crecimiento o generalmente hembras pos reproductivas.

El valor de “t-Student” crítico o de tablas se obtuvo con una significancia de :  
 $\alpha = 0.05/2$   $\alpha = 0.025$  y n-2 grados de libertad.

La regla de decisión fue:

Se acepta  $H_0$  si:  $t_{exp} \leq t_{n-2}^{\alpha/2}$  y  $p < 0.05$

Se rechaza  $H_0$  si:  $t_{exp} > t_{n-2}^{\alpha/2}$  y  $p > 0.05$

Para el cálculo de la talla de primera reproducción se utilizó la ecuación logística (Arancibia *et al.*, 1994; Saborido, 2008; Cruz-Gómez *et al.*, 2011):

$$P = \frac{100}{1 + e^{a+bL}}$$

Donde:

P = Talla de primera reproducción

a= Ordenada al origen

b= Pendiente

L= Longitud en centímetros del pez

100 y 1 = constantes del modelo

## Resultados

*“La intensidad de la convicción de que una hipótesis es cierta no tiene ninguna influencia sobre si es cierta o no”*

Peter Medawar

### Características del hábitat

En enero se registró la máxima profundidad (114 cm) y transparencia (114 cm), el mínimo de profundidad (102 cm) se registró en septiembre y la transparencia (40 cm) en febrero. El máximo de temperatura del agua (16.75 °C) se registró en julio y el mínimo en febrero (8 °C), el máximo de oxígeno disuelto (11.20 mg/L) se registró en noviembre y el mínimo en mayo (5.60 mg/L), el máximo de conductividad (142.70 mS) se registró en mayo y el mínimo en abril (59.24 mS), el máximo de pH (9.50) se registró en agosto y el mínimo en enero (7), el máximo de alcalinidad total se registró en abril (80.20 ppm de CaCO<sub>3</sub>) y el mínimo en febrero (42 ppm de CaCO<sub>3</sub>) (Tabla 1). El promedio anual, el mínimo y máximo de los parámetros fisicoquímicos se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 1. Características fisicoquímicas en el embalse de Salazar, Estado de México, durante los meses de muestreo.**

Mes	Profundidad (cm)	Transparencia (cm)	Temperatura del agua (C°)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad (mS)	pH	Alcalinidad total (ppm de CaCO <sub>3</sub> )
Enero	114.00	114.00	13.40	10.40	111.90	7.00	60.00
Febrero	111.00	40.00	8.00	8.60	114.00	7.15	42.00
Abril	105.25	99.25	14.43	6.40	59.24	7.10	80.20
Mayo	111	73.00	14.85	5.60	142.70	8.85	50.00
Julio	109.5	71.50	16.75	6.70	133.70	9.15	64.00
Agosto	108.00	78.00	15.00	10.30	92.70	9.50	48.00
Septiembre	102.00	66.00	12.00	10.70	103.00	9.30	58.00
Noviembre	105.00	105.00	11.50	11.20	98.00	9.40	48.00

**Tabla 2. Promedio, mínimo y máximo anuales de los parámetros fisicoquímicos en el embalse de Salazar, Estado de México.**

Variable	Promedio	Mínimo	Máximo
Profundidad (cm)	108.32	101.50	114.00
Transparencia (cm)	80.95	40.00	114.00
Temperatura del agua (C°)	13.81	8.00	17.00
Oxígeno disuelto (mg/L)	8.76	5.40	12.40
Conductividad (mS)	117.18	92.70	146.80
pH	8.40	7.00	9.70
Alcalinidad total (ppm de CaCO <sub>3</sub> )	56.03	36.00	100.00

Se colectó un total de 768 organismos de los cuales 48.31% fueron hembras y 51.69% machos, la proporción anual sexual fue de 1:1, es decir, el 50% de la población estadísticamente hablando está compuesta por hembras y el 50% por machos ( $p > 0.05$ ). Existieron diferencias de la proporción sexual a través de los meses, la proporción sexual mensual fue a favor de las hembras durante enero y abril y a favor de los machos durante julio y noviembre, en el resto de los meses fue igual el número de hembras que de machos (Tabla 3).

**Tabla 3. Proporción sexual durante los meses y anual en el embalse de Salazar, Estado de México. \* indica diferencias significativas**

Mes de muestreo	Proporción sexual	X <sup>2</sup>	p	Proporción
Enero	1.57:1*	5.53	0.019	Hembras
Febrero	0.97:1	0.01	0.905	1:1
Abril	3.67:1*	13.71	0.0002	Hembras
Mayo	0.93:1	0.14	0.705	1:1
Julio	0.58:1*	6.40	0.011	Machos
Agosto	1.09:1	0.09	0.768	1:1
Septiembre	0.75:1	2.04	0.153	1:1
Noviembre	0.71:1*	5.84	0.015	Machos
Anual	0.93:1	0.88	0.348	1:1

## Hembras

### Características generales

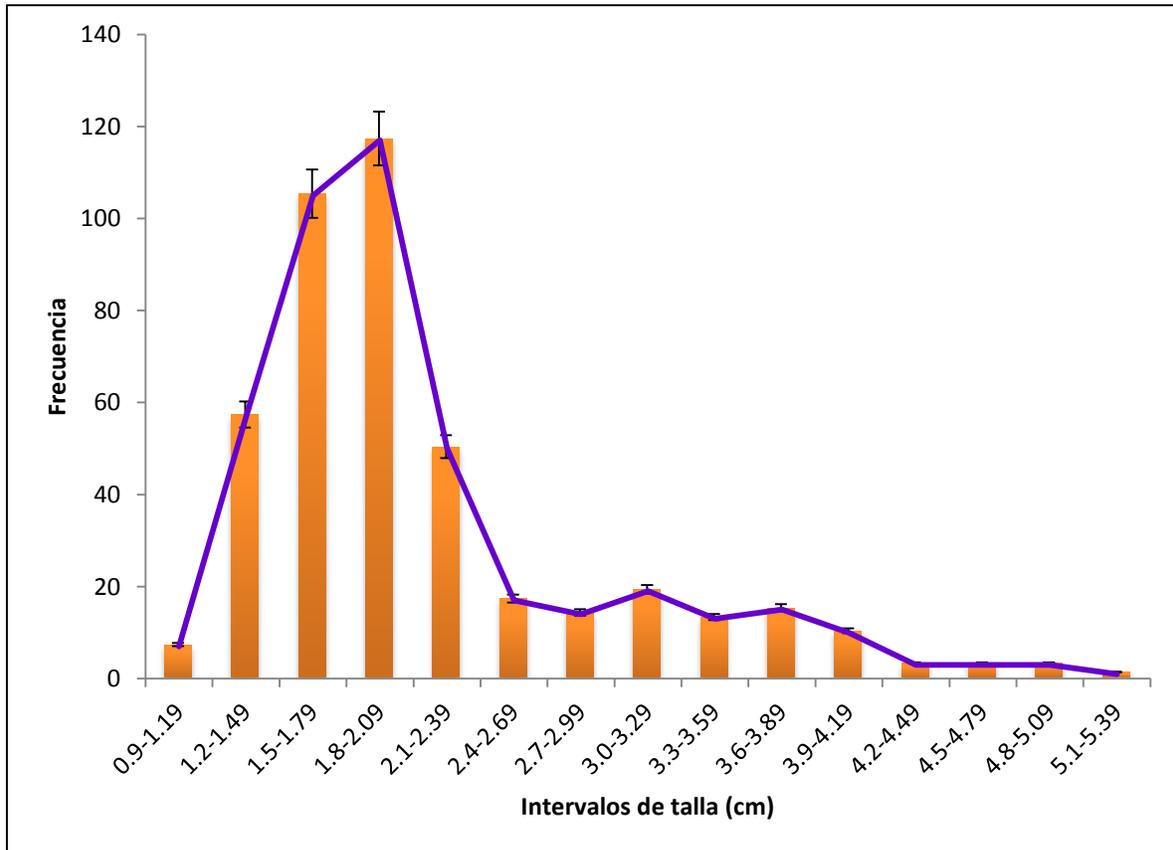
Se colectaron un total de 371 hembras, el mayor número de organismos se capturó en noviembre con 82 peces y el menor en agosto con 24 peces (Tabla 3). La talla promedio máxima (3.43 cm) se capturó en abril y la mínima (1.54 cm) en agosto, mientras que la mínima longitud (1.09 cm) y la máxima (5.43 cm) se registraron en mayo. El peso promedio máximo (0.74 g) se registró en abril y el mínimo (0.08 g) en agosto. El valor más alto registrado de peso promedio de la gónada fue de 0.71 g observado en abril, mientras que el valor más bajo fue de 0.12 g observado en agosto (Tabla 4).

**Tabla 4. Promedio del peso, la talla, mínimo y máximo de la talla y promedio del peso de la gónada de las hembras del pez amarillo durante los meses de muestreo en el embalse de Salazar, Estado de México.**

Mes de muestreo	Talla promedio del pez (g)	Talla mínima (cm)	Talla máxima (cm)	Peso promedio del pez (g)	Peso promedio de la gónada (g)
Enero	1.93	1.34	2.90	0.19	0.19
Febrero	2.12	1.38	3.71	0.24	0.23
Abril	3.43	1.54	4.98	0.74	0.71
Mayo	2.11	1.09	5.43	0.38	0.47
Julio	1.89	1.28	3.64	0.17	0.39
Agosto	1.54	1.19	2.04	0.08	0.12
Septiembre	1.84	1.32	2.39	0.14	0.18
Noviembre	1.83	1.22	3.13	0.15	0.15

En cuanto a los intervalos de talla el de 1.8-2.09 cm fue el que se registró con mayor frecuencia con un total de 117 peces, el segundo intervalo de talla con mayor número de peces fue el de 1.5-1.79 cm con 105 y el tercer intervalo con más peces fue el de 1.2-1.49 cm con 57. El intervalo de talla con menor número de peces fue el de 5.1-5.39 cm con un organismo, le siguieron en bajo número de peces los intervalos de 4.2-4.49 cm, 4.5-4.79 cm y 4.8-5.09 cm con 3 peces cada uno (Fig. 7). Si bien en la figura 7 se aprecian tres clases de edad, al aplicar el método de Cassie, las deflexiones para definir las clases de edad resultan insuficientes y no observables, por lo cual fue desechado el método y por el análisis de otolitos en el pez amarillo, no se observan las líneas de crecimiento, debido a esto se manejaron los intervalos de talla por cada tres milímetros que es

la frecuencia con la que se han observado diferencias en cuanto a la madurez de hembras y machos de *G. multiradiatus*.



**Fig. 7. Frecuencia de aparición de los intervalos de talla registrados para hembras.**

La proporción sexual promedio anual fue 1:1, es decir, la población está compuesta en un 50% de hembras por un 50% de machos, no existiendo diferencias significativas en los valores ( $p > 0.05$ ).

El valor más alto de IGS (20.18) se registró en julio, el de IHS (4.33) en septiembre y el de FC (3.09) se registró en mayo. Los valores mínimos de IGS (0.35) y el de IHS (1.55) se registraron en noviembre y el de FC (2.13) en septiembre (Fig. 8).

El valor máximo de IGS (29.86) se registró en el intervalo de talla de 4.8-5.09 cm, el de IHS (9.59) se registró en el menor intervalo de talla de 1.5-1.79 cm y el de FC (1.90) se registró en el intervalo de talla de 2.1-2.39 cm. El mínimo de IGS (2.19) se registró en el intervalo de talla de 1.2-1.49 cm, el de IHS (1.43) se registró en el intervalo de talla de 5.1-5.39 cm y el de FC (1.50) se registró en el intervalo de talla de 5.1-5.39 cm (Fig. 9).

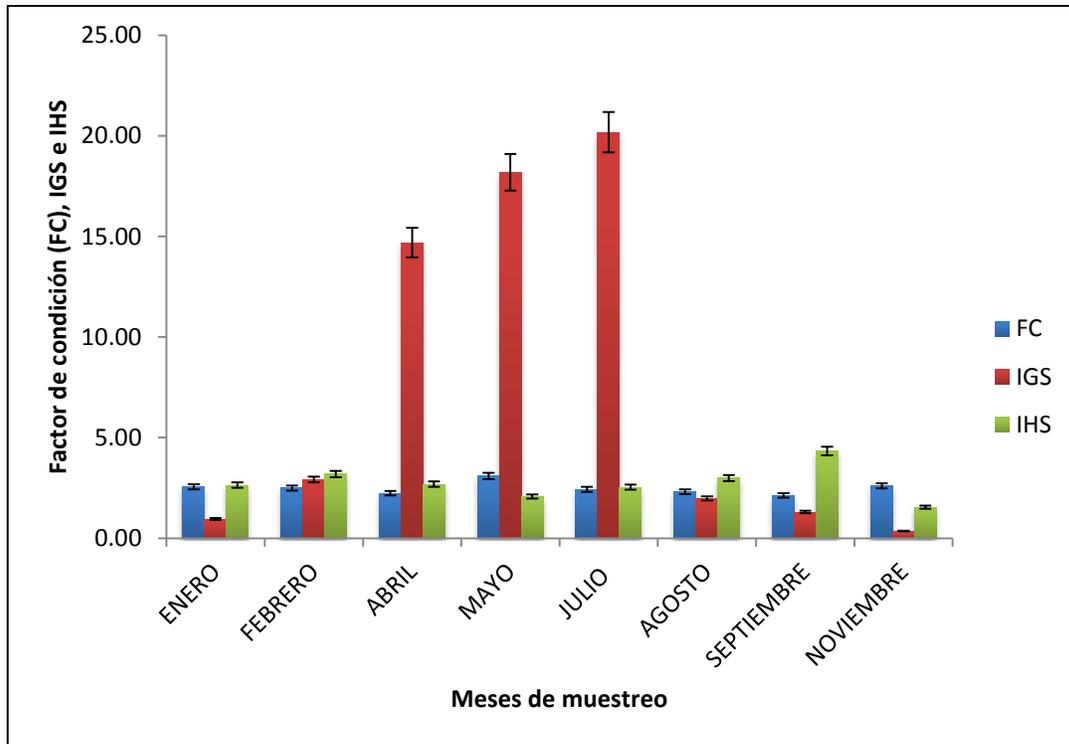


Fig. 8. Variaciones por mes de IGS, IHS y FC en hembras.

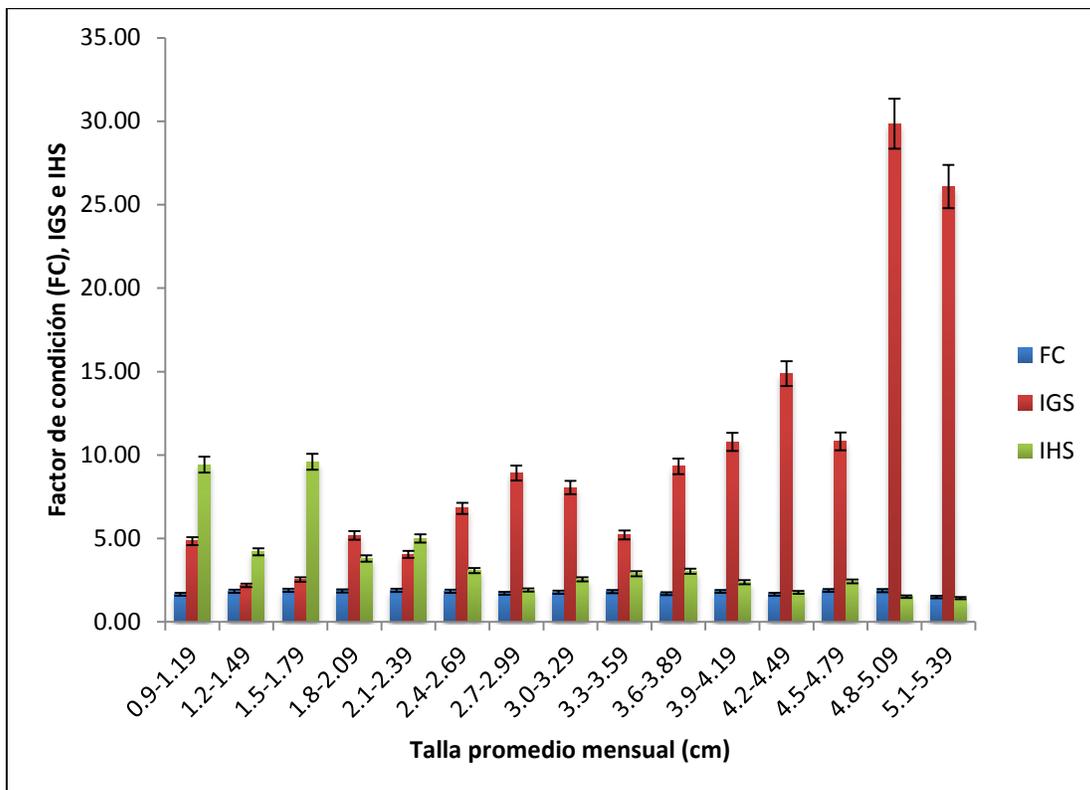
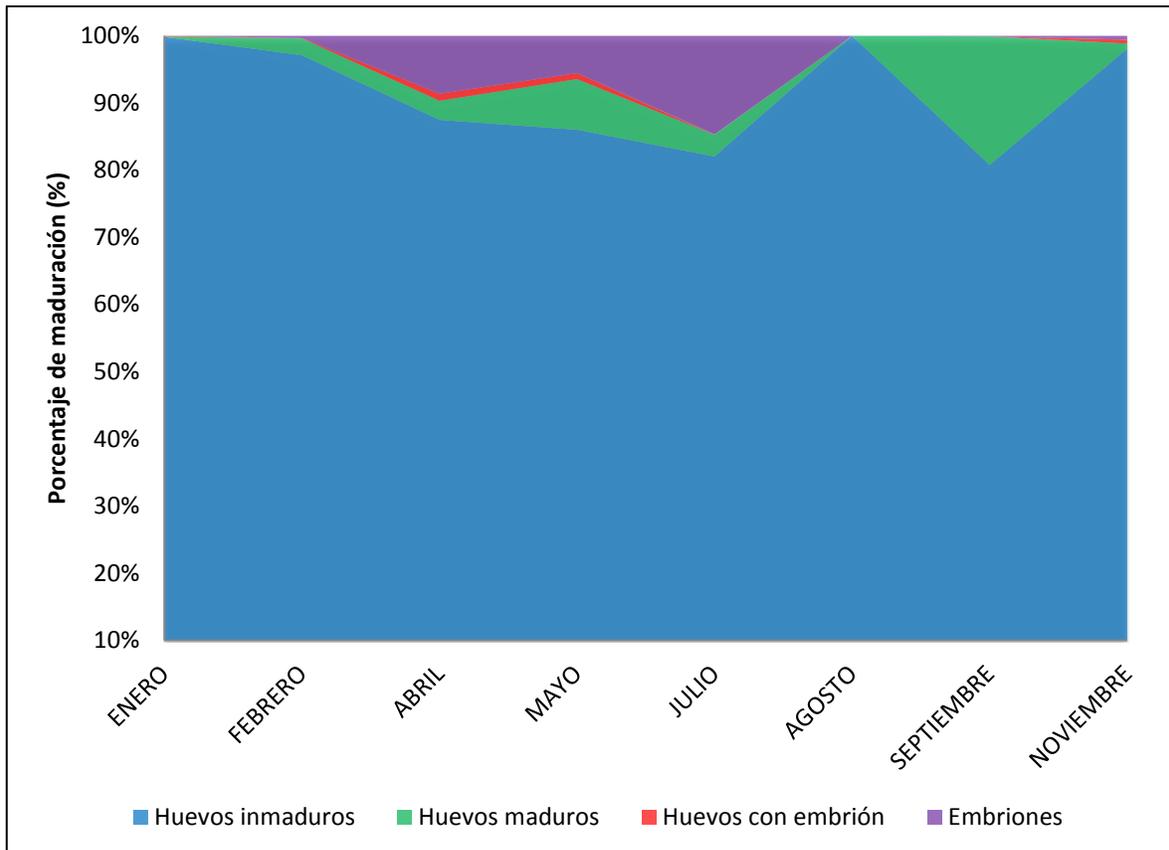


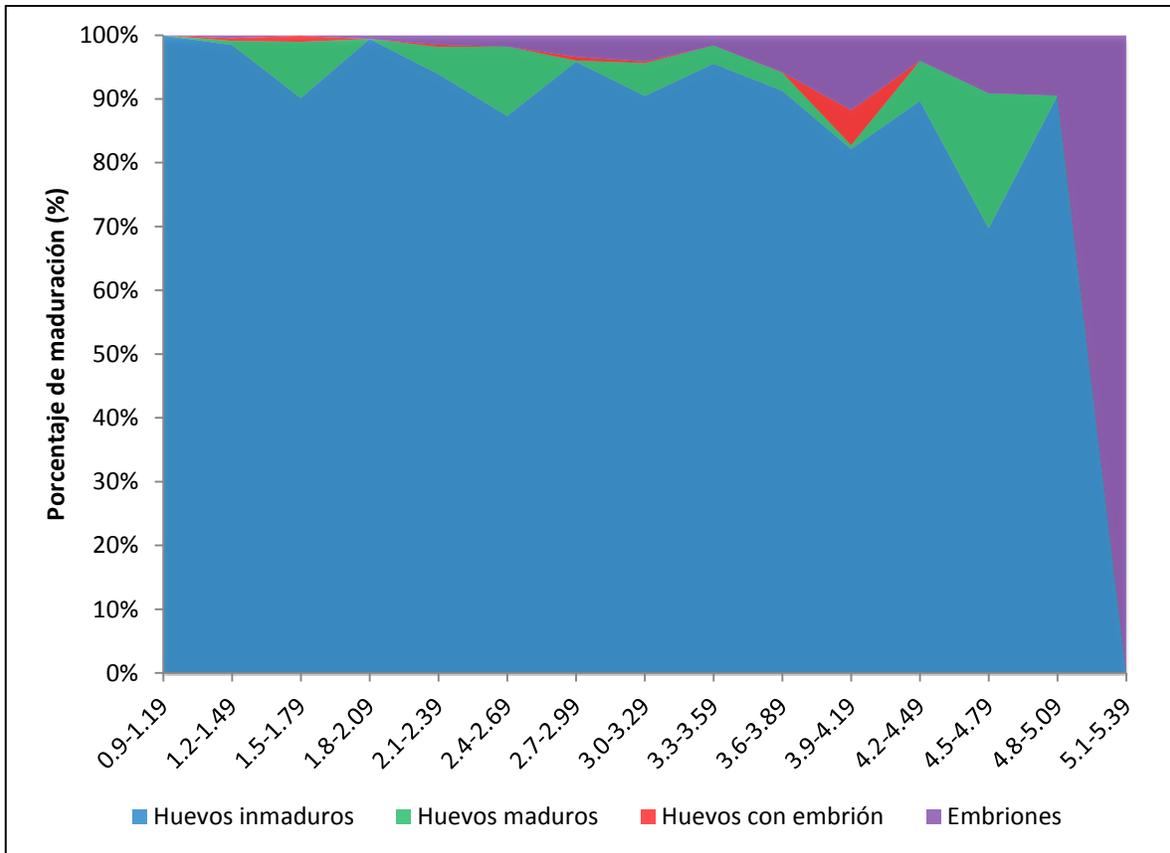
Fig. 9. Variaciones por intervalos de talla de IGS, IHS y FC en hembras.

En todos los meses se registraron huevo inmaduros siendo agosto cuando solo se observó este elemento (100 %), el mayor porcentaje de huevos maduros (19.16 %) se registró en septiembre, el de huevos con embrión (1.01 %) se registró en abril y el de embriones (14.69 %) en julio (Fig. 10).



**Fig. 10. Elementos de la gónada registrados por mes en hembras del pez amarillo.**

En las tallas de 5.1-5.39 cm fue en las únicas donde no se observaron huevos inmaduros, mientras que en las tallas de 0.9-1.19 cm hubo únicamente este desarrollo representando el 100% y por ende el mayor porcentaje registrado de este elemento. El mayor porcentaje de huevos maduros (21.17 %) se observó en el intervalo de talla de 4.5-4.79 cm, el de huevos con embrión (5.47 %) se registró en el intervalo de talla de 3.9-4.19 cm y el de embriones se observó en el intervalo de talla de 5.1-5.39 cm con un 100 % de este elemento (Fig. 11).



**Fig. 11. Elementos de la gónada registrados por talla en hembras del pez amarillo.**

La talla de primera maduración se determinó en 2.85 cm con base en la ecuación logística que quedó representada a:  $P = \frac{100}{1 + e^{9.37 - (3.32 * L)}}$ , con un promedio de 23 embriones por camada (Fig. 12).

El modelo de fertilidad con relación a la talla quedó representado a  $F = 0.0207L^{2.9301}$ , se determinó que existe una relación entre la fecundidad de las hembras con relación a la talla, al incrementar la talla las hembras son más fértiles (Fig. 13).

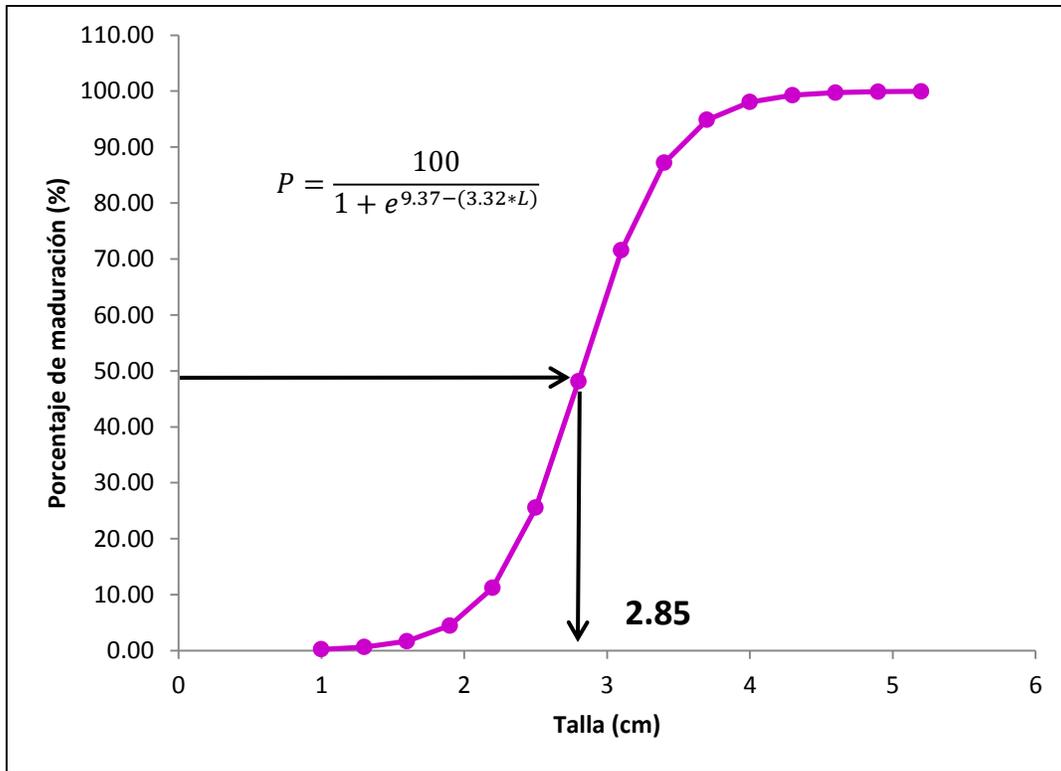


Fig. 12. Talla de primera maduración en hembras de *G. multiradiatus*.

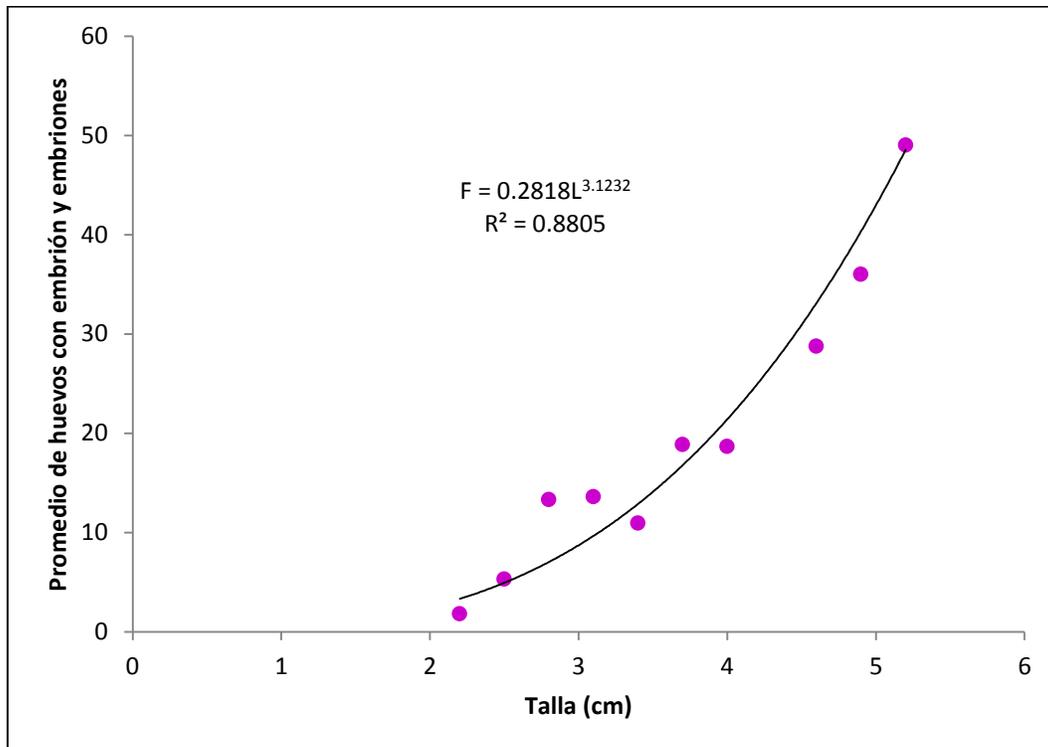


Fig. 13. Relación de fertilidad y longitud patrón de hembras de *G. multiradiatus*.

Con referencia al crecimiento individual del pez amarillo, durante todos los meses de muestreo el valor de la pendiente fue estadísticamente significativa y diferente a tres ( $p > 0.05$ ), por lo que el tipo de crecimiento de las hembras es alométrico positivo en febrero, abril, julio, agosto, septiembre y noviembre y alométrico negativo en enero y mayo (Tabla 5).

**Tabla 5. Relación peso-longitud y tipo de crecimiento de las hembras del pez amarillo durante los meses de muestreo en el embalse de Salazar, Estado de México.**

<b>Mes de muestreo</b>	<b>Hembras</b>	
<b>Enero</b>	$W=0.0217L^{3.0131}$	$R^2= 0.9538$
<b>Febrero</b>	$W=0.0186L^{3.1206}$	$R^2= 0.9358$
<b>Abril</b>	$W= 0.0139L^{3.1125}$	$R^2=0.9752$
<b>Mayo</b>	$W=0.0183L^{3.0091}$	$R^2=0.9877$
<b>Julio</b>	$W=0.0178L^{3.2563}$	$R^2=0.9526$
<b>Agosto</b>	$W=0.0184L^{3.2437}$	$R^2=0.9631$
<b>Septiembre</b>	$W=0.0186L^{3.2055}$	$R^2=0.9546$
<b>Noviembre</b>	$W=0.0194L^{3.1998}$	$R^2=0.9665$

## Características mensuales

### Enero

El valor más alto del IGS (1.69) se registró en el intervalo de talla de 1.2-1.49 cm, mientras que el IHS se mantiene más alto que el IGS en todos los intervalos de talla, teniendo el valor máximo de 4.24 en el mismo intervalo de talla que el máximo de IGS. El máximo valor del factor de condición fue de 2.54 y se observó en el intervalo de talla de 2.7-2.99 cm y al igual que el IHS es más alto que el IGS. En cuanto a los elementos de la gónada en enero el intervalo de 1.5-1.79 cm es el único en que se observaron huevos maduros (1.79). En el intervalo de 2.1-2.39 cm fue en el único donde se registraron huevos con embrión (2.29) y embriones (0.57), mientras que en todos los intervalos de talla se cuantificaron huevos inmaduros, siendo el intervalo de talla de 3.0-3.29 cm donde se registró el mayor número de huevos inmaduros (540) (Tabla 6).

**Tabla 6. Variaciones por intervalos de tallas del factor de condición, IGS, IHS y del número de los elementos de la gónada en hembras durante enero.**

Intervalo de talla (cm)	Factor de condición	IGS	IHS	Elementos de la gónada			
				Huevos inmaduros	Huevos maduros	Huevos con embrión	Embriones
1.2-1.49	2.10	1.69	4.24	153.00	0.00	0.00	0.00
1.5-1.79	2.20	1.08	3.20	276.00	1.79	0.00	0.00
1.8-2.09	2.19	0.82	3.00	237.36	0.00	0.00	0.00
2.1-2.39	2.18	1.24	2.22	217.86	0.00	2.29	0.57
2.4-2.69	1.93	0.43	2.02	235.00	0.00	0.00	0.00
2.7-2.99	2.54	0.32	0.96	492.00	0.00	0.00	0.00
3.0-3.29	2.39	1.16	2.78	540.00	0.00	0.00	0.00
3.3-3.59	2.25	1.04	1.97	521.00	0.00	0.00	0.00

**Febrero**

Durante febrero en el intervalo de talla de 3.0-3.29 cm se registró el valor máximo de IGS (3.87) y es más alto que el valor de IHS cuyo valor máximo (4.06) se registró en el intervalo de talla de 3.3-3.59 cm al igual que el valor máximo del factor de condición (1.99). En el intervalo de talla de 1.2-1.49 cm el valor de IGS y el de IHS es el mismo (3.70), mientras que el factor de condición es más alto que el IGS en las tallas de 1.5-2.69 cm.

Solo hubo un individuo en el intervalo de talla de 1.2-1.49 cm y no se observaron elementos gonadales. En el intervalo de talla de 3.6-3.89 cm se observó el mayor número de huevos inmaduros (334) y huevos maduros (24). En el intervalo de 2.1-2.39 cm es en el único donde se observaron todos los elementos de la gónada (Tabla 7).

**Tabla 7. Variaciones por intervalos de tallas del factor de condición, IGS, IHS y del número de los elementos de la gónada en hembras durante febrero.**

Intervalos de talla (cm)	Factor de condición	IGS	IHS	Elementos de la gónada			
				Huevos inmaduros	Huevos maduros	Huevos con embrión	Embriones
1.2-1.49	0.99	3.70	3.70	0.00	0.00	0.00	0.00
1.5-1.79	2.02	0.89	1.91	88.00	0.00	0.00	0.00
1.8-2.09	1.94	0.99	3.22	117.00	0.00	0.00	0.00
2.1-2.39	1.88	0.51	2.15	120.08	7.17	0.42	4.50
2.4-2.69	1.65	1.15	1.95	160.29	0.00	0.00	0.00
3.0-3.29	1.57	3.87	1.64	102.00	0.00	0.00	0.00
3.3-3.59	1.99	3.40	4.06	286.00	0.00	0.00	0.00
3.6-3.89	1.93	3.30	3.82	334.00	24.00	0.00	0.00

**Abril**

En abril el valor máximo de IGS (46.67) se registró en el intervalo de talla de 2.4-2.69 cm y se mantiene más alto que el IHS y el factor de condición. El valor máximo de IHS (7.62) se registró en las tallas de 2.1-2.39 cm y el del factor de condición (1.87) se observó en el intervalo de 4.2-4.49 cm.

El mayor número de huevos inmaduros (305) y el de embriones (41.50) se registraron en el intervalo de talla de 4.8-5.09 cm mientras que el mayor número de huevos maduros (50.50) y huevos con embrión (9.50) se cuantificaron en el intervalo de talla de 1.5-1.79 cm (Tabla 8).

**Tabla 8. Variaciones por intervalos de tallas del factor de condición, IGS, IHS y del número de los elementos de la gónada en hembras durante abril.**

Intervalos de talla (cm)	Factor de condición	IGS	IHS	Elementos de la gónada			
				Huevos inmaduros	Huevos maduros	Huevos con embrión	Embriones
1.5-1.79	1.79	9.93	9.31	55.50	50.50	9.50	0.00
2.1-2.39	1.75	11.42	7.62	5.50	0.00	0.00	5.00
2.4-2.69	1.78	46.67	5.61	0.00	0.00	0.00	18.75
2.7-2.99	1.42	6.07	3.72	123.56	2.22	5.78	6.00
3.0-3.29	1.33	6.15	3.22	205.17	0.67	3.67	12.67
3.3-3.59	1.37	8.27	2.90	243.83	0.67	0.00	15.50
3.6-3.89	1.40	11.04	2.81	192.17	0.00	0.17	15.83
3.9-4.19	1.52	15.13	2.68	109.60	0.00	0.00	18.60
4.2-4.49	1.87	0.05	0.16	224.00	0.00	0.00	0.00
4.5-4.79	1.58	11.29	2.90	191.00	0.00	0.00	30.00
4.8-5.09	1.69	24.10	1.76	305.00	0.00	0.00	41.50

## Mayo

El valor máximo de IGS (35.61) se registró en las tallas de 4.8-5.09 cm, mientras que el IHS se mantiene más alto que el IGS en las tallas de 0.9-1.79 cm y en las tallas de 2.4-2.69 cm, con un máximo de 9.06 en el intervalo de talla de 1.8-2.09 cm. El valor máximo del factor de condición (2.19) se observó en las tallas de 4.5-4.79 cm y es más alto que el IGS en los intervalos de talla de 1.5-1.79cm y 2.4-2.69 cm.

El número máximo de huevos inmaduros (636) y embriones (57) se registraron en el intervalo de talla de 4.8-5.09 cm, el de huevos con maduros (114) se observó en las tallas de 4.5-4.79 cm y el de huevos con embrión se registró en las tallas de 3.9-4.19 cm siendo estas la únicas tallas donde se observó este elemento de la gónada (Tabla 9).

**Tabla 9. Variaciones por intervalos de tallas del factor de condición, IGS, IHS y del número de los elementos de la gónada en hembras durante mayo.**

Intervalos de talla (cm)	Factor de condición	IGS	IHS	Elementos de la gónada			
				Huevos inmaduros	Huevos maduros	Huevos con embrión	Embriones
0.9-1.19	1.60	4.03	5.65	68.60	0.00	0.00	0.00
1.2-1.49	2.02	2.17	3.50	103.05	0.00	0.00	0.00
1.5-1.79	1.80	1.32	3.52	111.78	0.00	0.00	0.00
1.8-2.09	1.47	31.70	9.06	76.67	0.00	0.00	5.00
2.4-2.69	1.98	0.52	1.04	0.00	0.00	0.00	0.00
3.0-3.29	1.84	32.63	3.78	108.83	0.50	0.00	17.00
3.3-3.59	1.93	12.62	2.22	101.33	16.33	0.00	6.67
3.6-3.89	1.90	26.66	2.23	101.60	0.00	0.00	14.60
3.9-4.19	2.13	2.43	2.45	170.67	2.00	18.67	0.00
4.2-4.49	1.57	3.02	2.59	176.00	28.00	0.00	0.00
4.5-4.79	2.19	10.35	1.95	184.50	114.00	0.00	19.00
4.8-5.09	2.06	35.61	1.25	636.00	0.00	0.00	57.00

**Julio**

El valor máximo de IGS (41.54) se registró en el intervalo de talla de 4.2-4.49 cm y se mantiene más alto que el IHS en las tallas de 2.7-3.29 cm y de 3.6-5.39 cm. El valor máximo de IHS (5.10) se registró en las tallas de 3.6-3.89 cm. El valor máximo del factor de condición (2.02) se registró en el intervalo de talla de 1.2-1.49 cm y se mantiene más alto que el IGS en las tallas de 1.2-2.69 cm y de 3.3-3.59 cm.

El mayor número de huevos inmaduros (159) y de huevos maduros (22) se registraron en las tallas de 3.3-3.59 cm, en el intervalo de talla de 3.6-3.89 cm es en el único donde se observaron huevos con embrión (0.50) y el mayor número de embriones (41) se observó en las tallas de 5.1-5.39 cm (Tabla 10).

**Tabla 10. Variaciones por intervalos de tallas del factor de condición, IGS, IHS y del número de los elementos de la gónada en hembras durante julio.**

Intervalos de talla (cm)	Factor de condición	IGS	IHS	Elementos de la gónada			
				Huevos inmaduros	Huevos maduros	Huevos con embrión	Embriones
1.2-1.49	2.02	1.85	3.70	118.67	0.00	0.00	0.00
1.5-1.79	1.77	1.28	3.41	112.60	0.00	0.00	0.00
1.8-2.09	1.74	0.78	2.78	152.56	0.00	0.00	0.00
2.1-2.39	1.89	1.44	2.95	152.33	10.67	0.00	0.00
2.4-2.69	2.00	0.28	2.85	131.00	0.00	0.00	0.00
2.7-2.99	1.54	36.19	1.19	0.00	0.00	0.00	26.00
3.0-3.29	1.54	12.11	4.73	0.00	0.00	0.00	22.50
3.3-3.59	1.53	0.73	3.28	159.00	22.00	0.00	0.00
3.6-3.89	1.65	5.42	5.10	0.00	0.00	0.50	19.00
3.9-4.19	1.83	14.80	1.99	0.00	0.00	0.00	21.50
4.2-4.49	1.52	41.54	2.55	0.00	0.00	0.00	18.00
5.1-5.39	1.50	26.09	1.43	0.00	0.00	0.00	41.00

## Agosto

El valor máximo de IGS (5.66) y de IHS (13.20) se observaron en el intervalo de talla de 0.9-1.19 cm. En el intervalo de talla de 1.2-1.49 cm se observó el valor máximo del factor de condición (1.90) y el mismo valor de IGS e IHS (1.97), en el resto de las tallas el IHS se mantiene más alto que el IGS y el en las tallas de 1.5-2.09 cm y 2.7-2.99 cm el factor de condición es más alto que el IGS.

En agosto solo se observaron huevos inmaduros, el mayor número cuantificado fue 174 y se registró en las tallas de 2.7-2.99 cm (Tabla 11).

**Tabla 11. Variaciones por intervalos de tallas del factor de condición, IGS, IHS y del número de los elementos de la gónada en hembras durante agosto.**

Intervalos de talla (cm)	Factor de condición	IGS	IHS	Elementos de la gónada			
				Huevos inmaduros	Huevos maduros	Huevos con embrión	Embriones
0.9-1.19	1.71	5.66	13.20	82.00	0.00	0.00	0.00
1.2-1.49	1.90	1.97	1.97	75.83	0.00	0.00	0.00
1.5-1.79	1.79	1.12	2.23	109.86	0.00	0.00	0.00
1.8-2.09	1.86	0.65	3.12	107.20	0.00	0.00	0.00
2.4-2.69	1.67	3.87	4.84	100.00	0.00	0.00	0.00
2.7-2.99	1.69	1.05	1.28	174.00	0.00	0.00	0.00

## Septiembre

El valor máximo de IGS (3.75) se registró en las tallas de 2.1-2.39 cm, mientras que el IHS se mantuvo más alto que el IGS en todos los intervalos de talla, registrando su máximo (48.77) en las tallas de 1.5-1.79 cm. El valor máximo del factor de condición (1.93) se observó en las tallas de 1.2-1.49 cm y se mantuvo más alto que el IGS en las tallas de 1.8-2.09 cm y 2.4-3.89 cm.

El mayor número de huevos inmaduros (220) y de huevos maduros (116) se observó en el intervalo de talla de 2.4-2.69 cm y el de embriones (0.85) en las tallas de 2.1-2.39 cm. No se observaron huevos con embrión (Tabla 12).

**Tabla 12. Variaciones por intervalos de tallas del factor de condición, IGS, IHS y del número de los elementos de la gónada en hembras durante septiembre.**

Intervalos de talla (cm)	Factor de condición	IGS	IHS	Elementos de la gónada			
				Huevos inmaduros	Huevos maduros	Huevos con embrión	Embriones
1.2-1.49	1.93	2.00	3.99	65.00	0.00	0.00	0.00
1.5-1.79	1.81	3.75	48.77	77.60	38.40	0.00	0.00
1.8-2.09	1.89	0.63	2.42	102.74	0.00	0.00	0.00
2.1-2.39	1.78	9.29	13.36	110.77	14.62	0.00	0.85
2.4-2.69	1.64	1.24	4.27	220.00	116.00	0.00	0.33
2.7-2.99	1.35	0.98	2.44	126.00	0.00	0.00	0.00
3.0-3.29	1.63	0.29	1.47	128.00	64.00	0.00	0.00
3.6-3.89	1.63	0.20	1.21	152.00	0.00	0.00	0.00

### Noviembre

El valor máximo de IGS (1.91) y de IHS (8.27) se observaron en las tallas de 1.2-1.49 cm, mientras que el IHS se mantuvo más alto que el IGS en todos los intervalos de talla. El máximo del factor de condición (2.16) se observó en el intervalo de 3.0-3.29 cm y se mantuvo más alto que el IGS en todos los intervalos de talla (Tabla 13).

**Tabla 13. Variaciones por intervalos de tallas del factor de condición, IGS, IHS y del número de los elementos de la gónada en hembras durante noviembre.**

Intervalos de talla (cm)	Factor de condición	IGS	IHS	Elementos de la gónada			
				Huevos inmaduros	Huevos maduros	Huevos con embrión	Embriones
1.2-1.49	1.93	1.91	8.27	89.78	3.89	2.67	2.67
1.5-1.79	1.97	0.96	4.40	100.55	0.35	0.65	0.65
1.8-2.09	1.96	0.74	3.07	107.31	0.00	0.00	0.00
2.1-2.39	1.91	0.41	1.70	101.90	0.00	0.00	0.00
2.4-2.69	2.04	0.29	2.06	87.00	0.00	0.00	0.00
3.0-3.29	2.16	0.12	0.24	68.00	0.00	0.00	0.00

## Machos

### Características generales

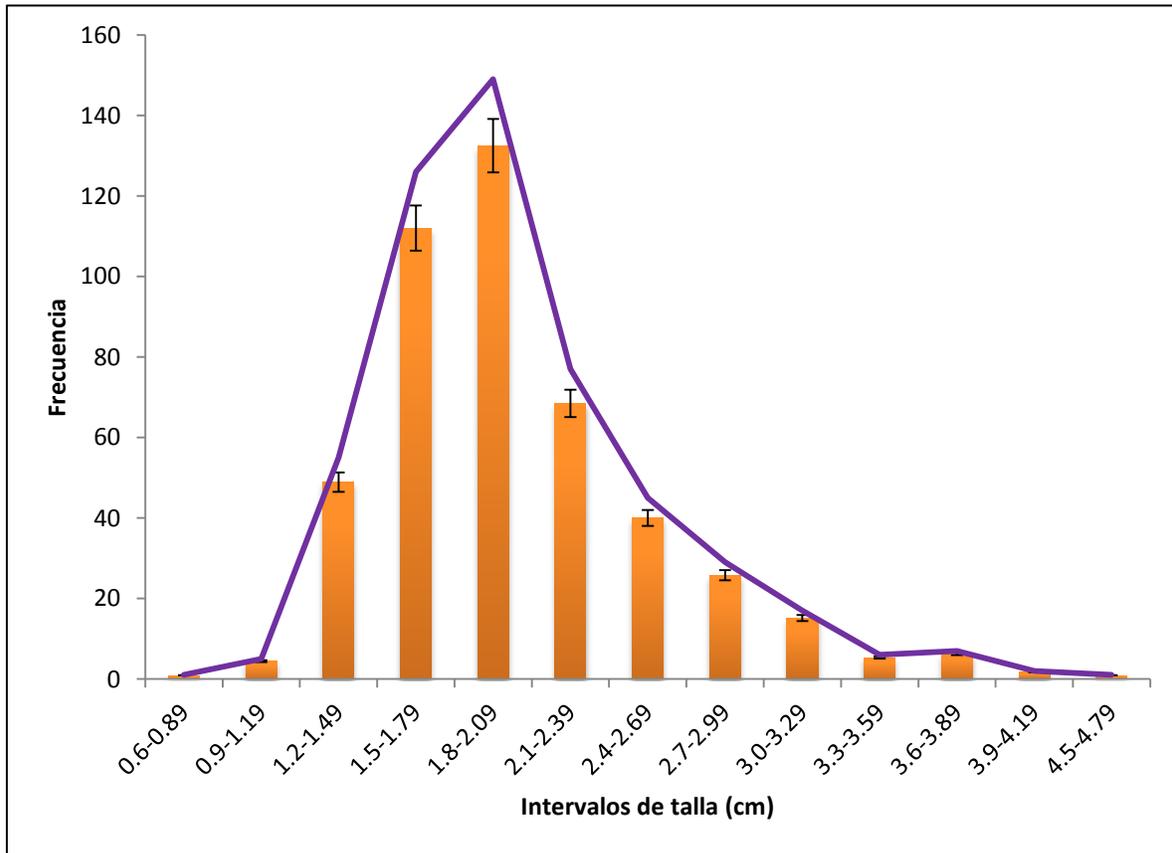
Se colectaron un total de 397 machos, el mayor número de organismos se capturó en noviembre con 116 peces y el menor en abril con 9 peces (Tabla 3). La talla promedio máxima (3.27 cm) se capturó en abril y la mínima (1.60 cm) en agosto, la longitud mínima fue 1.15 cm y se registró en septiembre, mientras que la máxima fue 4.69 cm y se registró en abril. El peso promedio mínimo (0.09 g) se registró en agosto y el máximo (0.59 g) en abril. Durante los meses de muestreo los pesos promedio de la gónada de machos presentaron el máximo valor en abril (0.010 g), mientras que el mínimo se registró en julio, agosto, septiembre y noviembre (0.001 g) (Tabla 14).

**Tabla 14. Promedio del peso, la talla, mínimo y máximo de la talla y promedio del peso de la gónada de las hembras del pez amarillo durante los meses de muestreo en el embalse de Salazar, Estado de México.**

Mes de muestreo	Talla promedio del pez (cm)	Talla mínima del pez (cm)	Talla máxima del pez (cm)	Peso promedio del pez (g)	Peso promedio de la gónada (g)
Enero	2.09	1.62	2.51	0.21	0.002
Febrero	2.28	1.70	3.08	0.27	0.002
Abril	3.27	2.71	4.69	0.59	0.010
Mayo	2.28	1.16	3.73	0.27	0.003
Julio	1.81	1.17	2.61	0.14	0.001
Agosto	1.60	1.16	2.08	0.09	0.001
Septiembre	1.83	1.15	3.19	0.14	0.001
Noviembre	1.82	1.20	2.90	0.14	0.001

De las tallas registradas para machos durante todo el muestreo las de 1.8-2.09 cm fueron en las que se registraron mayor número de peces (149), las tallas de 1.5-1.79 cm fueron las segundas con más registros (126), mientras que las tallas de 2.1-2.39 cm fueron las terceras con más registros (77). Los intervalos de talla que menos veces se registraron fueron de 0.6-0.89 cm y de 4.5-4.79 cm con 1 registro cada uno, seguidos por el intervalo de 3.9-4.19 cm con 2 registros y el intervalo de 0.9-1.19 cm con 5 registros (Fig. 14). En la gráfica de frecuencia de tallas se aprecian claramente dos clases de edad y al igual que en hembras al aplicar el método de Cassie las deflexiones para definir los intervalos de talla fueron insuficientes y el método de otolitos no permitió definir las clases de edad del pez amarillo, debido a esto es que se manejaron los mismos intervalos de talla que en

hembras ya que es la frecuencia con la que se han observado diferencias en cuanto a la madurez de *G. multiradiatus*.



**Fig. 14. Frecuencia de aparición de los intervalos de talla para machos.**

La proporción sexual promedio anual fue 1:1, es decir, la población está compuesta en un 50% de hembras por un 50% de machos, no existiendo diferencias significativas en los valores ( $p > 0.05$ ).

El valor máximo de IGS (6.25) se observó en el menor intervalo de talla (0.6-0.89 cm), al igual que el de FC (6.23). El valor mínimo de IGS (0.49) se observó en el intervalo de 3.6-3.89 cm y el de FC (1.07) se registró en los intervalos de talla de 3.9-4.19 cm y de 4.5-4.79 cm (Fig. 15).

El valor máximo de IGS (1.82) se registró en abril y el de FC (3.01) se registró en febrero. El valor mínimo de IGS (0.58) se registró en febrero y el de FC (1.08) se registró en abril (Fig. 16).

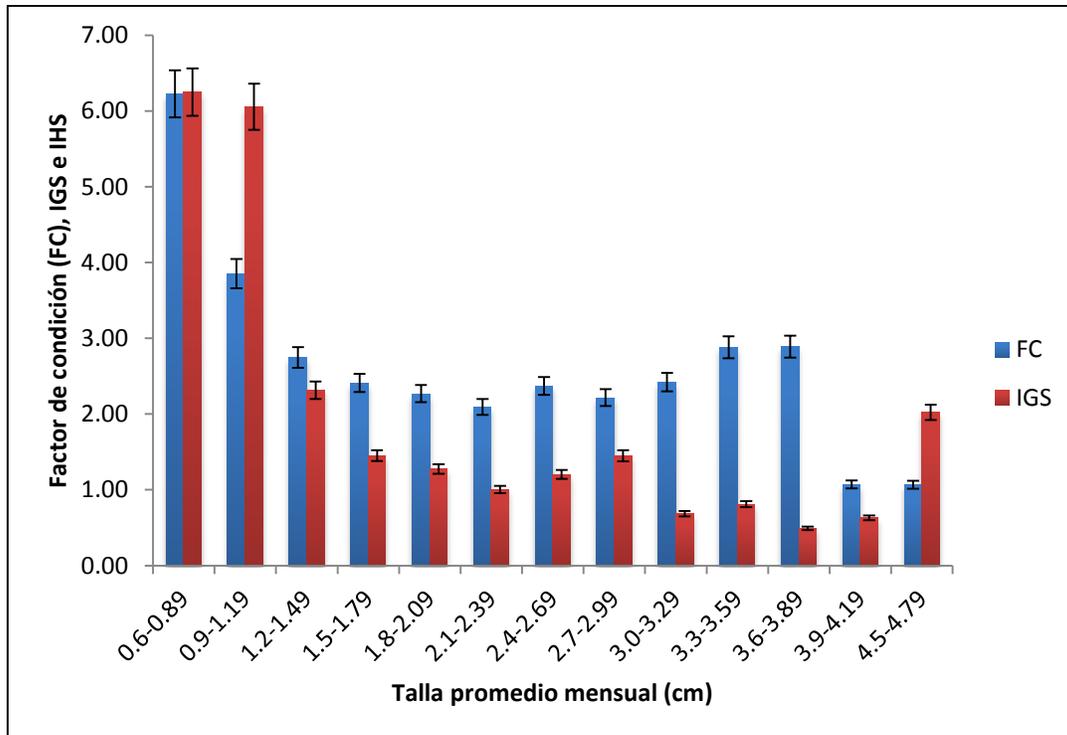


Fig. 15. Variaciones por intervalos de talla de IGS y FC en machos.

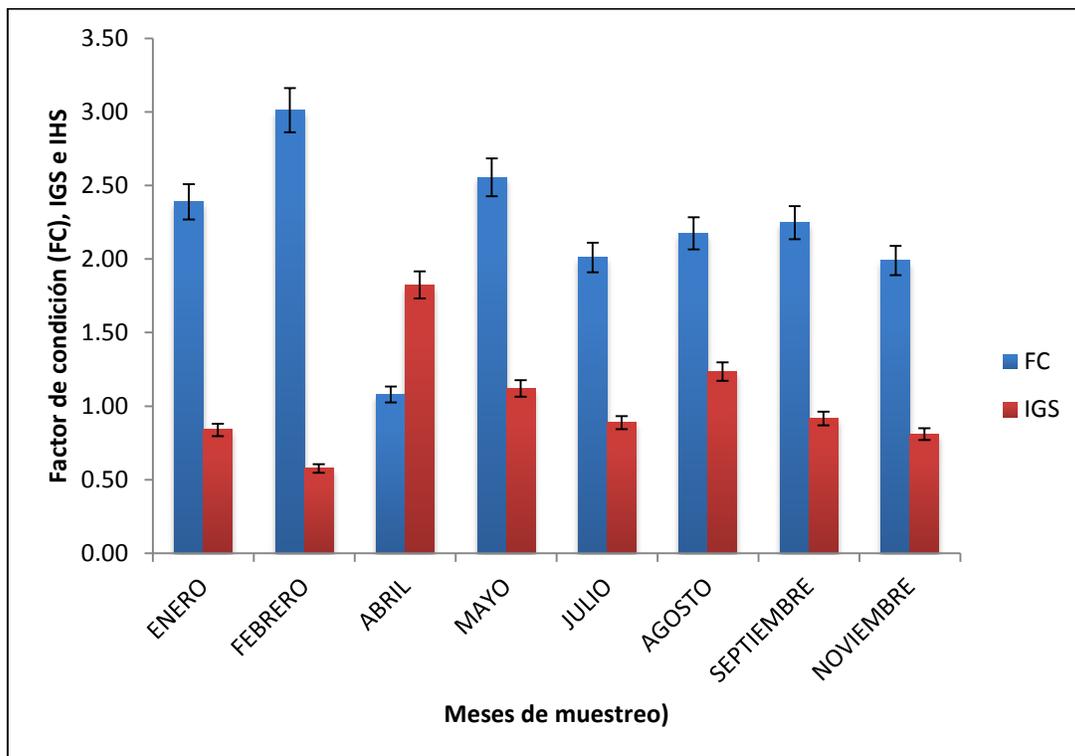


Fig. 16. Variaciones por mes de IGS y FC en machos.

Con relación al crecimiento individual para machos, en todos los meses de muestreo fue significativa ( $p < 0.05$ ) y alométrica positiva en abril, julio y noviembre y alométrico negativo durante en enero, febrero, mayo, agosto y septiembre (Tabla 15).

**Tabla 15. Relación peso-longitud y tipo de crecimiento de los machos del pez amarillo durante los meses de muestreo en el embalse de Salazar, Estado de México.**

<b>Mes de muestreo</b>	<b>Machos</b>	
<b>Enero</b>	$W = 0.0228L^{2.953}$	$R^2 = 0.8846$
<b>Febrero</b>	$W = 0.0239L^{2.8452}$	$R^2 = 0.9325$
<b>Abril</b>	$W = 0.0093L^{3.378}$	$R^2 = 0.9785$
<b>Mayo</b>	$W = 0.0181L^{2.8445}$	$R^2 = 0.9863$
<b>Julio</b>	$W = 0.0186L^{3.2382}$	$R^2 = 0.9244$
<b>Agosto</b>	$W = 0.0201L^{2.9829}$	$R^2 = 0.9543$
<b>Septiembre</b>	$W = 0.0197L^{3.0641}$	$R^2 = 0.9559$
<b>Noviembre</b>	$W = 0.0183L^{3.2504}$	$R^2 = 0.9412$

## Características mensuales

### Enero

El máximo valor de IGS (1.83) se observó en las tallas de 2.7-2.99 cm, mientras que el factor de condición se mantiene más alto que el de IGS, registrando su máximo (2.34) en las tallas de 1.8-2.09 cm (Tabla 16).

**Tabla 16. Variaciones por intervalos de tallas del factor de condición e IGS en machos durante enero.**

Intervalos de talla (cm)	Factor de condición	IGS
1.5-1.79	2.26	1.74
1.8-2.09	2.34	0.91
2.1-2.39	2.30	0.68
2.4-2.69	2.29	0.51
2.7-2.99	2.22	1.83

### Febrero

Los valores máximos de IGS (4.04) y del factor de condición (4.22) se registraron en las tallas de 1.2-1.49 cm y el factor de condición se mantuvo más alto que el IGS en todos los intervalos de talla (Tabla 17).

**Tabla 17. Variaciones por intervalos de tallas del factor de condición e IGS en machos durante febrero.**

Intervalos de talla (cm)	Factor de condición	IGS
1.2-1.49	4.22	4.04
1.5-1.79	2.68	2.37
1.8-2.09	2.45	1.66
2.1-2.39	2.35	1.15
2.4-2.69	2.39	1.49
2.7-2.99	2.55	0.61
3.0-3.29	2.40	0.35
3.3-3.59	2.66	0.64

### **Abril**

El valor máximo de IGS (2.55) se registró en el intervalo de talla de 4.5-4.79 cm y el del factor de condición (2.84) se observó en el intervalo de talla de 1.8-2.09 cm. En los intervalos de talla de 2.7-2.99 cm, 3.3-3.59 cm y 4.5-4.79 cm el IGS es más alto que el factor de condición (Tabla 18).

**Tabla 18. Variaciones por intervalos de tallas del factor de condición e IGS en machos durante abril.**

<b>Intervalos de talla (cm)</b>	<b>Factor de condición</b>	<b>IGS</b>
<b>1.8-2.09</b>	2.84	2.38
<b>2.1-2.39</b>	1.72	1.21
<b>2.4-2.69</b>	1.52	1.40
<b>2.7-2.99</b>	0.93	1.71
<b>3.0-3.29</b>	1.21	0.81
<b>3.3-3.59</b>	0.95	1.39
<b>3.6-3.89</b>	0.88	0.70
<b>3.9-4.19</b>	1.07	0.63
<b>4.5-4.79</b>	0.93	2.55

### **Mayo**

El valor máximo de IGS (14.84) y del factor de condición (8.37) se registraron en las tallas de 0.9-1.19 cm. En los intervalos de talla de 0.9-1.19 cm, 1.2-1.49 cm y 2.7-2.99 cm el IGS se mantuvo más alto que el factor de condición (Tabla 19).

**Tabla 19. Variaciones por intervalos de tallas del factor de condición e IGS en machos durante mayo.**

<b>Intervalos de talla (cm)</b>	<b>Factor de condición</b>	<b>IGS</b>
<b>0.9-1.19</b>	8.37	14.84
<b>1.2-1.49</b>	1.90	2.34
<b>1.5-1.79</b>	2.99	1.11
<b>2.4-2.69</b>	2.23	2.06
<b>2.7-2.99</b>	1.83	2.66
<b>3.0-3.29</b>	2.03	1.25
<b>3.3-3.59</b>	2.74	1.23
<b>3.6-3.89</b>	1.92	0.67

## Julio

El valor máximo de IGS (3.85) se registró en las tallas de 0.9-1.19 cm y el del factor de condición (3.21) se observó en las tallas de 1.2-1.49 cm. En los intervalos de talla de 0.9-1.19 cm y 4.5-4.79cm el IGS fue mayor que el factor de condición (Tabla 20).

**Tabla 20. Variaciones por intervalos de tallas del factor de condición e IGS en machos durante julio.**

Intervalos de talla (cm)	Factor de condición	IGS
0.9-1.19	1.56	3.85
1.2-1.49	3.21	1.98
1.5-1.79	2.13	0.97
1.8-2.09	2.61	0.73
2.1-2.39	1.76	1.24
2.4-2.69	2.54	0.84
2.7-2.99	1.42	1.01
4.5-4.79	1.20	1.50

## Agosto

El valor máximo de IGS (6.25) y el del factor de condición (6.23) se registraron en las tallas de 0.6-0.89 cm. En los intervalos de talla de 0.6-0.89 cm y 1.8-2.09 cm el IGS se mantuvo más alto que el factor de condición (Tabla 21).

**Tabla 21. Variaciones por intervalos de tallas del factor de condición e IGS en machos durante agosto.**

Intervalos de talla (cm)	Factor de condición	IGS
<b>0.6-0.89</b>	6.23	6.25
<b>0.9-1.19</b>	3.79	1.69
<b>1.2-1.49</b>	3.45	1.66
<b>1.5-1.79</b>	2.82	1.05
<b>1.8-2.09</b>	1.55	1.84
<b>2.1-2.39</b>	2.35	1.52
<b>2.4-2.69</b>	2.85	1.22
<b>2.7-2.99</b>	4.54	1.23
<b>3.3-3.59</b>	3.20	0.16

## Septiembre

El valor máximo de IGS (3.85) se registró en las tallas de 0.9-1.19 cm y el de factor de condición (5.87) se observó en las tallas de 3.6-3.89 cm. El factor de condición se mantuvo más alto que el IGS en todos los intervalos de talla a excepción del intervalo de talla de 0.9-1.19 cm (Tabla 22).

**Tabla 22. Variaciones por intervalos de tallas del factor de condición e IGS en machos durante septiembre.**

Intervalos de talla (cm)	Factor de condición	IGS
0.9-1.19	1.69	3.85
1.2-1.49	1.88	1.81
1.5-1.79	2.06	1.13
1.8-2.09	2.26	0.62
2.1-2.39	2.35	0.51
2.4-2.69	3.18	0.70
3.0-3.29	4.05	0.34
3.3-3.59	4.85	0.64
3.6-3.89	5.87	0.11

## Noviembre

El valor máximo de IGS (2.06) se registró en las tallas de 1.2-1.49 cm y el del factor de condición (2.02) se observó en las tallas de 2.7-2.99 cm. El factor de condición fue mayor al IGS en todas las tallas a excepción de las tallas de 1.2-1.49 cm (Tabla 23).

**Tabla 23. Variaciones por intervalos de tallas del factor de condición e IGS en machos durante noviembre.**

Intervalos de talla (cm)	Factor de condición	IGS
1.2-1.49	1.82	2.06
1.5-1.79	1.92	1.79
1.8-2.09	1.83	0.78
2.1-2.39	1.84	0.73
2.4-2.69	1.97	1.42
2.7-2.99	2.02	1.09

## Discusión

*“La ciencia se suicida cuando adopta un credo”*

Thomas Henry Huxley

El pez amarillo carece de valor comercial, sin embargo, su importancia radica en ser una especie endémica de la cuenca del río Lerma con un marcado dimorfismo sexual, viviparidad, peculiares rituales de cortejo, tener una distribución reducida y ser poco abundante; los lugares donde habita presentan procesos de degradación, fragmentación del hábitat y extracción de agua, que ponen en riesgo su existencia, a pesar de esto, se conoce poco de su biología y ecología como para elaborar estrategias de conservación de sus poblaciones o para su domesticación para reproducirlo en cautiverio y repoblar los ecosistemas donde esté a punto de desaparecer (Trujillo y Espinosa, 2006 y García-Trejo *et al.*, 2013), de ahí la importancia de conocer aspectos reproductivos como los estudiados en este trabajo.

En el embalse de Salazar la proporción anual de sexos fue 1:1 al igual que lo reportado por Macías (1994) y por Ramírez-Herrejón *et al.*, (2007), para *Zoogoneticus quitzeoensis* (Hubbs y Turner, 1939), especie de la familia Goodeidae. De los ocho meses de muestreo en enero y abril las hembras dominaron, en julio y noviembre dominaron los machos y en el resto de los meses fue igual. Generalmente, los peces vivíparos y ovovivíparos tienen una proporción sexual a favor de las hembras en poblaciones silvestres (Snelson, 1989), como lo reportan Cruz *et al.* (2010) con una proporción de 1.7:1 a favor de las hembras, Cruz *et al.* (2011), con una proporción de 2.27:1 y Cruz *et al.* (2013), con una proporción de 1.51:1, todos ellos con predominio de hembras. El que haya más hembras que machos en una población puede deberse a la selección en la depredación, pues los machos son más depredados que las hembras debido al dimorfismo sexual y en ambientes en los que hay ausencia de su principal depredador como en *T. eques*, la proporción favoreció a los machos (Macías, 1994), en esta investigación no fue posible evaluar a la depredación, por ello no puede afirmarse que se presente esta situación en los meses de muestreo. Otra causa en la diferencia de proporciones se debe a factores ambientales, Nikolsky (1963), atribuyó las variaciones en las proporciones sexuales en una misma especie a los factores ambientales principalmente a los de orden nutricional y alimenticio y agregó que condiciones óptimas de oferta alimenticia influyen en una mayor proporción de hembras. Para el embalse de Salazar, la concentración promedio de oxígeno disuelto fue similar a la reportada para el embalse de San

Miguel Arco (Navarrete-Salgado *et al.*, 2007), donde se reporta una alta competencia por alimento debido entre otros factores a la saturación de oxígeno disuelto.

La talla de primera reproducción se observó en organismos de 2.8 cm con camadas de 18 embriones en promedio, la talla concuerda con lo reportado para La Goleta San José Deguedo, Estado de México (Rivas, 2004), y San Martín, Querétaro (Mendoza, 2005 y Cruz-Gómez *et al.*, 2010), donde la talla de primera reproducción fue de 2.5 a 3 cm, con un promedio de 18 embriones a diferencia de Macías-García *et al.* (1998), quienes reportan una talla de primera maduración de 2.3 cm con camadas de 18 embriones en promedio y Navarrete-Salgado *et al.*, (2007), reportan camadas de nueve embriones en hembras de 2.3 cm y hasta 87 embriones en hembras de 4.6 cm. Díaz-Pardo y Ortiz-Jiménez (1986), reportan para *Girardinichthys viviparus*, (Bustamante, 1837), una madurez sexual después de alcanzar tallas mayores a los 3 cm y mencionan que la maduración se puede percibir en tallas de 2 cm en adelante. En general se reporta para el género y sus especies el inicio de madurez desde los 2.3 cm (Cruz-Gómez *et al.*, 2010). En el embalse de Salazar la hembra de menor tamaño que mostro madurez midió 2.36 cm y tuvo cuatro embriones y la hembra de mayor tamaño que se registró midió 5.43 cm y se le contabilizaron 57 embriones, en este sentido Schoenherr (1977) menciona para el pez vivíparo *Poeciliopsis occidentalis* (Baird y Girard, 1853), que el tamaño de la camada varía con el tamaño de las hembras, la temporada del año y el hábitat, siendo los factores ambientales más influyentes el fotoperiodo, la temperatura, la depredación y la nutrición al igual que lo mencionado por Nikolsky (1963). En el embalse de Salazar, la temperatura varió a lo largo de los meses de muestreo con un mínimo de 8 °C y un máximo de 17 °C, por lo que influyó en la cantidad de embriones por camada (Schoenherr, 1977), a diferencia del embalse la Goleta donde reportaron poca variación de la temperatura a lo largo del muestreo con un promedio de 19.52 °C donde se reportaron hembras de menor talla con mayor número de embriones. No se midieron o pesaron los embriones, situación que podría corroborar lo antes mencionado o establecer una posible correlación entre el número de embriones y el tamaño, pero si ha sido ampliamente reportada esta condición de mayor número de embriones pero de menor tamaño y menor número de embriones pero de mayor talla, para otras especies, tanto silvestres como de ornato (García, 2000; Quintanar, 2000), Mendiola, 2003; Villegas, 2005)

El valor más alto de IGS en hembras se registró en abril y este se relaciona con el mayor porcentaje en el número de huevos con embrión y embriones observados para este mes, también en este mes se registró el mayor peso promedio de la gónada; en cuanto a la relación existente entre la talla del pez y su madurez sexual en las tallas de 0.9-1.19 cm, 1.2-1.49 cm y 1.8-2.09 cm se observaron huevos inmaduros exclusivamente, en estas tallas el valor del IGS es de los más bajos con relación al resto de las tallas y menor que el IHS, esta misma relación ha sido reportada por Cruz *et al.* (2010), en el embalse de San Martín y en la reserva de Villa Victoria (Cruz *et al.*, 2011), por lo cual, se puede decir que el IGS es un buen indicador de la madurez en esta especie. Saborido (2008), menciona que en las especies con estacionalidad en sus ciclos reproductivos este índice es un buen indicador de la madurez, como es el caso del pez amarillo y para el embalse de Salazar, se ve marcadamente que en agosto, septiembre y noviembre no hay actividad reproductiva pues únicamente se observaron huevos inmaduros en todos los organismos analizados y los valores de IGS para todas las tallas son menores a los del IHS, esta relación inversa entre el IHS y el IGS se observa debido a que en el hígado se acumulan vitelogeninas precursoras del vitelo almacenado en los ovocitos durante la vitelogénesis, por lo que al madurar la gónada el hígado disminuye su peso, funcionando como índice indirecto del estado de madurez sexual e indicador del nivel de reservas del organismo (Saborido, 2008). Se ha observado que en pequeños peces de la mesa central de México en época de invierno o durante los meses fríos, se presenta una gran acumulación de grasa en el tracto digestivo, lo que se relaciona con el patrón de almacenamiento de grasa que necesitarán en la temporada reproductiva.

En machos el valor más alto de IGS se registró en abril, al igual que en hembras, en este mes el factor de condición es menor que el IGS y el peso promedio de la gónada es el más alto registrado; en referencia a las tallas la de 0.9-1.19 cm fueron las que presentaron el mayor valor de IGS seguidas por las tallas de 4.5-4.79 cm, en estas tallas el factor de condición fue menor que el IGS y en la última se registró el valor más bajo de factor de condición para todas las tallas.

El factor de condición en hembras fue menor que el IHS en todas las tallas y meses, presentando el valor más alto en enero y el más bajo en septiembre, la relación del factor de condición con el IGS fue similar a la que se mantiene con el IHS, pues a mayor IGS menor fue el factor de condición y viceversa. En machos el valor más bajo del factor de condición se calculó para abril, el mes en que los machos han madurado, pero se mantiene más bajo que el IGS en el resto de los

meses y en todas las tallas a excepción de la menor y la última registradas. Esto difiere de lo reportado por García-Márquez *et al.*, (1999), para *H. bimaculata*, pez vivíparo perteneciente a la familia Poeciliidae, donde el factor de condición coincidió con valores altos de temperatura y cuándo el periodo reproductivo fue más alto. Se reporta que el factor de condición cambia, cuando se almacena grasa, por el desarrollo de las gónadas, así como por las condiciones ambientales del hábitat de la especie.

Con respecto al crecimiento individual por hembras, se determinó que fue de tipo alométrico positivo, lo que implica que existe una desproporción en el aumento del peso con respecto a la longitud, es decir, en algunos meses se presentó un mayor aumento en la longitud y otros en el peso. Esto es debido a una influencia directa del factor de condición en la temporada de madurez observada para el pez amarillo, pues las hembras fecundadas, conservan a los embriones dentro del ovario, hasta alcanzar un estadio de desarrollo que les proporcione mayores posibilidades de sobrevivir (Turner, 1993, Lagler *et al.*, 1984, Navarrete-Salgado *et al.*, 2007). Mientras que en los meses de agosto, septiembre y noviembre, en que no se observa actividad reproductiva la mayoría de las hembras son juveniles y es poco probable que se encuentren en su talla reproductiva o su máxima talla, por ello el tipo de crecimiento que presentan es un mayor aumento en la longitud que del peso.

En cuanto a los machos en los meses de enero, febrero, mayo y agosto se determinó un crecimiento alométrico negativo, en enero, febrero y sobre todo en agosto predominan organismos juveniles que se alimentaron para aumentar en tamaño, pero no para ganar peso (Bagenal y Tesh, 1978). En los meses de abril, julio, septiembre y noviembre el tipo de crecimiento fue alométrico positivo, los machos de abril y julio ya han desarrollado sus gónadas por lo que el aumento del peso es mayor con relación a la longitud, mientras que los machos de septiembre y noviembre probablemente se estén acondicionando para la temporada de más bajas temperaturas, pues durante septiembre, noviembre, enero y febrero, se registraron las menores temperaturas del agua en el embalse.

Las hembras de enero, febrero y agosto son inmaduras sexualmente, pues el IHS y el factor de condición son mayores al IGS y se observa una relación con los elementos de la gónada pues en todas las tallas se registraron huevos inmaduros, siendo este elemento el de mayor proporción en todas las tallas además que la

talla promedio registrada para este mes es de 1.93 cm que es menor a la talla de primera madurez determinada para el pez amarillo en el embalse de Salazar. En abril y mayo el IGS es mayor que el IHS y el factor de condición excepto en la menor talla registrada, se observa una relación con los elementos de la gónada pues predominan los embriones y hay presencia de huevos con embrión y embriones, el promedio de la talla para abril es el más alto de todos los meses (3.43 cm) y es mayor a la talla de primera madurez por lo que las hembras ya están maduras sexualmente. Las hembras de julio, septiembre y noviembre tuvieron valores de IHS y factor de condición mayor a los del IGS a excepción de la mayor talla registrada, en la que se registraron embriones y huevos con embrión; la talla promedio fue de 1.89 cm.

El tipo de crecimiento alométrico durante todo el muestreo, indica un ritmo de crecimiento diferente tanto en longitud como en peso, con una influencia del factor de condición (Navarrete-Salgado *et al.*, 2007). Los organismos juveniles presentan disminución en los valores del factor de condición porque se alimentan para crecer en longitud pero no en peso, mientras que en organismos maduros aumenta el factor de condición debido al incremento en el peso de la gónada y al acondicionamiento que el pez va teniendo para la temporada de condiciones ambientales adversas (Bagenal y Tesh, 1978).

Los machos durante enero, febrero y agosto el IGS fue menor que el factor de condición, el tipo de crecimiento fue alométrico negativo, por lo que los peces son inmaduros por lo que son inmaduros sexualmente. En abril el valor de IGS fue mayor que el de factor de condición y el tipo de crecimiento fue alométrico positivo, los machos son maduros sexualmente. En mayo, julio, septiembre y noviembre el IGS fue menor que el factor de condición a excepción de las tallas más pequeñas registradas (0.9-1.19 cm y 1.2-1.49 cm) durante abril cuando el tipo de crecimiento fue alométrico negativo y alométrico positivo en julio, septiembre y noviembre en estos meses en particular los machos son maduros sexualmente, el valor de IGS disminuye en comparación al factor de condición porque el peso de las gónadas ha disminuido por efecto del periodo de alta actividad reproductiva registrada el mes anterior.

Se estableció una temporada reproductiva de enero a julio, siendo los meses de abril y mayo en los que se registró la mayor cantidad de huevos con embrión y embriones, pudiendo observar una relación con las mayores temperaturas y

profundidades registradas en el embalse de Salazar. La temporada reproductiva varía en relación a lo reportado por Mendoza (2005) y Cruz-Gómez *et al.*, (2010), quienes reportan una temporada reproductiva de febrero a septiembre, presentando una temporada corta de marzo a abril debido a que el sistema es vaciado, y una larga de junio a septiembre que corresponde con la temporada de lluvias, y por ende con las mayores profundidades del sistema. Para *Girardinichthys viviparus* (Bustamante, 1837), se reportó una interrupción en el ciclo de vida de noviembre a febrero por efectos ambientales (Díaz-Pardo y Ortíz-Jiménez, 1986). En otro estudio realizado por Gómez-Márquez *et al.*, (1999), relacionan el máximo periodo de reproducción para la especie *Heterandria bimaculata* (Heckel, 1848) de julio a septiembre durante la estación lluviosa, cuando aumentan la profundidad y temperatura en la laguna. Esta relación entre las presiones ambientales y la temporada reproductiva de peces vivíparos, también se observa en el embalse de Salazar y explica las ligeras diferencias en cuanto a la temporada reproductiva reportada para la especie en otros trabajos.

La fertilidad con relación a la talla se ajustó al modelo potencial  $F=2.4047L^{0.0356}$  y fue similar para todas las tallas registradas, y es similar a lo reportado para el embalse de San Martín, Querétaro (Cruz-Gómez *et al.*, 2010) y el embalse de Villa Victoria, Estado de México (Cruz-Gómez *et al.*, 2011) que reportan un ajuste de  $F=0.2141L^{3.5014}$  y  $F=0.0001L^{3.331}$  respectivamente, y en los cuales se ve una relación directa entre el número de embriones y el tamaño del pez; en el embalse San Miguel Arco, Estado de México, el modelo de fecundidad quedó representado por la ecuación  $F=1.4165L^{2.4439}$  y para *H. bimaculata* Gómez-Márquez *et al.*, (1999) reportan un modelo de fertilidad que se ajusta a la ecuación  $F=0.0005Lp^{2.71}$  con una relación entre la talla y el número de embriones, solo Mendoza (2005) reporta que el modelo de fecundidad en el embalse de San Martín se ajusta más bien a una relación de tipo potencial y por ende la cantidad de embriones disminuye al aumentar la talla del pez. En este sentido varios autores han mencionado que las definiciones tradicionales de fertilidad y fecundidad no pueden ser aplicadas a los peces vivíparos debido a que los diferentes estadios de madurez no aparecen simultáneamente (Schoenherr, 1977; Gómez-Márquez *et al.*, 1999; Urriola *et al.*, 2004 y Saborido, 2008).

El modelo de fertilidad muestra una relación entre la talla y el peso con respecto al número de embriones en las gónadas y el grado de madurez, pues en individuos que aún no se reproducen la cantidad de huevos no fecundados es mayor que la de huevos con embrión y embriones y en aquellos organismos que presentan

huevos con embrión y embriones el valor de fertilidad visiblemente Uribe-Aranzábal *et al.* (2004), mencionan que el cambio evolutivo de la ovoviparidad a la viviparidad en teleósteos, ha implicado una serie de adaptaciones como la disminución significativa del número de ovocitos liberados, de miles en ovíparos, a decenas o unidades en vivíparos y por lo tanto a una reducción en el número de crías.

**Tabla 24. Factores ambientales y biológicos que influyen en el potencial reproductivo de *Girardinichthys multiradiatus* en el embalse de Salazar, Estado de México.**

Meses de muestreo	Temperatura del agua (°C)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Factor de condición		Talla promedio (cm)		Fecundidad absoluta
			Hembras	Machos	Hembras	Machos	
agosto	15.00	10.30	a=0.0184	a=0.0201	1.67	1.82	0
septiembre	12.00	10.70	a=0.0186	a=0.0197	1.97	1.95	0.15
enero	13.40	10.40	a=0.0217	a= 0.0228	1.93	2.09	0.36
febrero	8.00	8.60	a=0.0186	a=0.0239	2.13	2.19	0.61
noviembre	11.50	11.20	a=0.0194	a=0.0183	1.82	1.83	1.10
mayo	14.85	5.60	a=0.0183	a=0.0181	2.31	2.38	11.49
julio	14.43	6.40	a= 0.0139	a=0.0093	2.26	1.87	12.38
abril	16.75	6.70	a=0.0178	a=0.0186	3.28	2.79	16.63

De acuerdo a los valores de la fecundidad o potencial reproductivo como variable dependiente de las condiciones del hábitat y de las propias características de la especie, y pregunta principal en la presente investigación, se puede decir, que no todo lo evaluado y considerado en esta investigación influye. Variables del hábitat como profundidad, transparencia, conductividad, pH y alcalinidad, no se observa una relación directa y proporcional o inversa a la fecundidad, así como el factor de condición o la proporción sexual, pero para ésta última característica, no es que no sea importante, sino que a lo largo del año varía de 50 a 50 la proporción a inclinarse en algunos meses a favor de machos o hembras, pero siempre deben existir ambos sexos para que se dé como resultado una camada de nuevos organismos. Por lo anterior, en aquellos meses donde se registraron los valores de más baja fecundidad (menos de 4.92 embriones) o en aquellos meses donde los valores de fecundidad fueron altos (más de 18.3 embriones), la temperatura, concentración de oxígeno disuelto, la talla de los peces y su grado de desarrollo expresado por la evaluación de la pendiente en el modelo de crecimiento, son factores que puede decirse que están relacionados al potencial reproductivo. Estas características se muestran en la tabla 24.

Con base a la observación de los datos de la tabla citada, se puede establecer que de agosto a febrero, se presenta la temporada de menor fecundidad y por ende no reproductiva, sino de preparación para el proceso de la reproducción y de marzo a julio es la temporada de reproducción, donde se presentan los valores más altos de fecundidad, siendo julio, el pico máximo de ésta.

Durante los meses de agosto a febrero, donde se presentaron valores de fecundidad menores a 4.92 embriones, se registraron las más bajas temperaturas (11.98 °C en promedio) y las más altas concentraciones de oxígeno disuelto (10.2 mg/L). Biológicamente, los peces presentaron las tallas y pesos corporales más bajos, por ende, están en pleno desarrollo y crecimiento, evidenciándose esta situación, con los valores de la pendiente más bajos, más acentuado en los machos (alometría negativa) y los valores más altos de IHS y por consecuencia, estimaciones del IGS, factor de condición fueron los más bajos, postulando por lo anterior, que durante estos meses, se desarrolla una época de crecimiento en talla y ganancia en peso, y preparativo necesario para el proceso de la fecundación y por ende producción de nuevos individuos.

Durante los meses de marzo a julio, donde se presentaron los valores de mayor fecundidad (más de 18.3 embriones), se registraron las más altas temperaturas (15.34 °C en promedio) y las más bajas concentraciones de oxígeno disuelto (6.23 mg/L). Biológicamente, los peces presentaron las tallas y pesos corporales más altos, por ende, alcanzaron las tallas mayores, logrando con ello su talla de primera madurez, su estadio gonadal desarrollado y por ende el peso corporal más alto, siendo las hembras en esta situación las más robustas y por ende el crecimiento acelerado en longitud se detiene, evidenciándose esta situación, con los valores de la pendiente más altos, tanto en machos y hembras (alometría positiva en ambos sexos) y los valores más altos de peso de la gónada, IGS y del factor de condición, postulando por lo anterior, que durante estos meses, se desarrolla la época de reproducción y por ende de mayor potencial reproductivo.

Al comparar estos postulados del pez amarillo para el embalse de Salazar con otros sistemas y para otra especie como *Z. quitzeoensis* se presenta en la Tabla 25 sus diferencias. Con base en ella, se observa que a pesar de ser la misma especie, las características reproductivas son diferentes, por consecuencia, se comprueba que el potencial reproductivo está determinado por las características de su hábitat en particular, y que determina por consecuencia sus aspectos

biológicos. La temporada reproductiva es diferente en cada embalse, presentándose durante todo el año en el embalse de San Miguel Arco (12 meses), siguiéndole, el embalse de Villa Victoria (9 meses), San Martín (8 meses) y las localidades donde se presenta la temporada más corta es en Huapango (5 meses) y en Salazar que dura cuatro meses. Proporción sexual, talla de primera madurez y fecundidad absoluta varía, como consecuencia de la influencia del hábitat en los procesos biológicos de la especie. Por lo que se concluye que a pesar de ser la misma especie, los procesos reproductivos y por ende biológicos, son especiales y particulares.

**Tabla 25. Comparación del potencial reproductivo de *G. multiradiatus* en diferentes sistemas y de *Z. quitzeoensis*.**

Área de estudio	Temporada reproductiva	Proporción sexual	Talla de primera madurez	Fecundidad absoluta
San Miguel Arco	durante todo el año	a favor de los machos	22mm talla de mínima madurez	9 embriones
Villa Victoria	marzo a noviembre	2.27:1	32 mm	18 embriones
San Martín	febrero a septiembre	1.7:1	30 mm	18 embriones
Huapango	mayo a septiembre	1.5:1	33 mm	10 embriones
Salazar	febrero a septiembre	1:1	28 mm	18 embriones
La Mintzita <i>Z. quitzeoensis</i>	durante todo el año	1:1	30mm	7.6 embriones

Comparando el pez amarillo con la especie *Z. quitzeoensis* a pesar de que se reproduce todo el año en comparación con el pez amarillo y de que tienen la misma talla de primera madurez y proporción sexual, el potencial reproductivo es muy diferente. Por lo anterior, se puede decir que el potencial reproductivo de *G. multiradiatus* es alto en comparación con *Z. quitzeoensis* atribuible supuestamente a la biología de las especies, pues *Z. quitzeoensis* es de las especies más pequeñas de la familia Goodeidae (Ramírez-Herrejón *et al.*, 2007).

El potencial reproductivo del pez amarillo en el embalse de Salazar se podría decir que aún no se ve afectado, pues hay presencia de hembras y machos jóvenes y maduros en la mayor parte del año, sin embargo, existen temporadas en las cuales no hay registro de organismos maduros, debido a factores abióticos como la temperatura del agua, la concentración de oxígeno disuelto y pH, que a pesar de presentar valores reportados como adecuados para que la especie sobreviva, influyen en la reproducción y pueden cambiar de no tomar las medidas necesarias en el saneamiento del embalse pues en este vierten varios desechos por parte de las comunidades que viven cerca.

El agua del embalse de Salazar es fría con saturación de oxígeno disuelto, alcalina y dura según la clasificación de Rosas (1981). Estas características fisicoquímicas del agua son adecuadas para la supervivencia del pez amarillo según lo reportado en diferentes localidades como San Miguel Arco (Navarrete-Salgado *et al.*, 2007), San Martín (Mendoza, 2005), San Juanico y Salazar (Burt y Macías-García, 2003), donde las condiciones de temperatura varían desde los 14.3 °C en Salazar hasta los 19.52 °C en San Miguel Arco, la concentración de oxígeno disuelto varía de los 6.1 mg/L en San Juanico hasta los 8.78 mg/L en San Miguel Arco y el pH varía de 4.7 en Salazar hasta 8.7 en San Martín, como se puede observar existen variaciones en las características del agua entre las diferentes localidades donde habita el pez amarillo, De la Vega (2005), menciona que *Girardinichthys multiradiatus* es una especie que tolera la degradación ambiental, la cual describe como ambientes en los que hay una baja concentración de oxígeno disuelto, altos niveles de turbidez y altos niveles de eutrofización.

En México, la diversidad de peces en aguas continentales es crítico, de las 506 especies reportadas 106 se encuentran en riesgo y 25 se consideran extintas (Miller *et al.*, 2005), en el Estado de México las 18 especies nativas son endémicas de alguna región del país y de estas especies 12 habitan la cuenca del Lerma entre las que se encuentra el pez amarillo. A pesar de esto, no existen acciones para conservar a estas especies, para lograrlo es indispensable generar información básica y aplicada para mantener y recuperar los ecosistemas acuáticos (Colón *et al.*, 2009).

Los trabajos de la biología básica del pez amarillo son escasos a pesar de tratarse de una especie endémica y que se encuentra en peligro de desaparecer debido al alto grado de contaminación que presentan los cuerpos de agua que habita, el sistema Lerma-Chapala-Santiago presenta uno de los mayores volúmenes de extracción de agua en el país, tanto de aguas subterráneas como superficiales; principalmente en el Estado de México, la cuenca del río Lerma sustenta una gran cantidad de industrias y zonas agropecuarias en sus márgenes, por lo que representa una de las zonas más contaminadas e impactadas en el mundo, otros factores que ponen en riesgo los ecosistemas acuáticos son la deforestación de las cuencas, la introducción de especies exóticas (y sus parásitos) y la modificación del hábitat (Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce de León, 2007). Las pocas medidas que se toman para la recuperación y saneamiento de estos cuerpos de agua no resultan suficientes, en el caso específico del embalse de Salazar, se encuentra dentro del parque natural La Marquesa, que se supone asegura la protección de la flora y fauna del lugar, pero no se vigila el cumplimiento de estos lineamientos (Hernández-Trejo y Waldo-Onofre, 2008). A pesar de la situación de riesgo en que se encuentra el pez amarillo y las demás especies de la familia Goodeidae, la NOM-059 está muy lejos de reflejar la magnitud del problema (Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce de León, 2007).

En Estados Unidos de Norteamérica y Europa, principalmente en Inglaterra, existe gran interés en esta especie y todos los miembros de la familia Goodeidae por ser endémica y tener especies vistosas, un punto a favor en planes para su conservación, pues se les puede usar para atraer turismo extranjero con derrama económica para las comunidades, teniendo en cuenta el resto de los factores a considerar para tener éxito en la conservación de esta especie.

*“Actúa de tal manera que las consecuencias de tu acción sean compatibles con la permanencia de una vida auténticamente humana en la Tierra”*

Hans Jonas

## Conclusiones

- El embalse de Salazar se caracterizó por ser templado (temperatura promedio de 13.81 °C), sobresaturado de oxígeno disuelto (8.76 mg/L), con una capacidad de amortiguación alta (pH promedio de 8.40) y de aguas duras (alcalinidad total promedio de 56.03 ppm de CaCO<sub>3</sub>), condiciones adecuadas para el desarrollo de la especie.
- La proporción sexual es de 1:1 ( $p < 0.05$ ), donde el número de hembras es igual al número de machos, aunque existieron algunos meses donde es favorecida la proporción a favor de machos y de hembras.
- El mayor número de embriones fue de 57 y se registró en abril en una hembra de 5.43 cm, el mínimo número de embriones fue de cuatro y se observó en enero en una hembra de 2.36 cm.
- La talla de primera madurez para hembras fue de 2.8 cm de longitud estándar, con camadas de 18 embriones en promedio.
- El IGS mostró una relación inversa al IHS y al factor de condición, pero resultó ser un buen indicador de la madurez sexual del pez amarillo al relacionarse con la madurez gonádica de hembras y machos.
- El tipo de crecimiento tanto para hembras como para machos fue de tipo alométrico, variando según el mes hacia positivo o negativo, pero la velocidad es mayor en hembras que en machos.
- *Girardinichthys multiradiatus* presenta de agosto a febrero, la temporada de menor fecundidad y por ende no reproductiva, sino de preparación para el proceso de la reproducción y de marzo a julio es la temporada de reproducción, donde se presentan los valores más altos de fecundidad, siendo julio, el pico máximo de ésta.
- Los factores que más influyen durante el proceso, son la temperatura del agua y concentración de oxígeno disuelto y evidentemente, la presencia de ambos sexos, su talla y peso.
- El pez amarillo en el embalse de Salazar aún no ha sido afectado en su proceso reproductivo, sin embargo, podría verse afectado de no tomar las medidas necesarias para conservar a la población.

## Referencias

- Aguilar, V. 2003. Aguas continentales y diversidad biológica de México: Un recuento actual. *Biodiversitas*. México. 48: 1-13.
- Arancibia, H., L. Cubillos, J. Remmaggi y R. Alarcón. 1994. Determinación de la talla de primera madurez sexual y fecundidad parcial en la sardina común, *Strangomera bentincki* (Norman, 1936), del área de Talcahuano, Chile. *Biología Pesquera* 23: 11-17.
- Bagenal, T. (Ed.). 1978. Methods for assessment of fish production in fresh waters. 3 ed E. IBP Handbook No 3. Blacwell Scientific Publications Oxford. London. 365 p.
- Bagenal, T. y E. Tesh. 1978. Age and growth. *In*: Tesh, E. (Ed). 1978. Methods for assessment of fish production in freshwaters. Blackwell Scientific Publication, Oxford. 365 p.
- Bojórquez, C. L. 1998. Modelos matemáticos en acuicultura. pp 159-227. *In*: Martínez, C. L. R. 1998. *Ecología de los sistemas acuícolas*. AGT Editor, S. A., México, 227 p
- Burt, T. y C. Macía-García. 2003. Amarillo fish (*Girardinichthys multiradiatus*) use visual landmarks to orient in space. *Ethology* 109 (4): 341-350.
- Colón, C., F. Méndez-Sánchez y G. Ceballos. 2009. Peces dulceacuícolas. P 119-124. *In*: Ceballos, G., R. List, G. Garduño, R. López-Cano, M. J. Muñozcano-Quintanar, E. Collado y J. E. San Román. 2009. La Diversidad Biológica del Estado de México, Estudio de estado, Parte II. Diversidad de especies. Gobierno del Estado de México. p 77-273.
- Cruz-Gómez, A., A. Rodríguez-Varela y D. García-Martínez. 2005. Las larvas de insectos en la dieta de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) en el embalse Ignacio Ramírez, Estado de México. *Entomología Mexicana*. 4: 1002-1006.
- Cruz, G. A., A. C. Rodríguez V. y H. Vázquez-López. 2010. Madurez sexual y reproducción de *Girardinichthys multiradiatus* (Meek, 1904) en un embalse del poblado de San Martín, Querétaro, México. *BIOCYT* 3 (9): 94-106.
- Cruz-Gómez, A., A. C. Rodríguez-Varela y H. Vázquez-López. 2011. Aspectos reproductivos de *Girardinichthys multiradiatus*, Meek 1904 (Pisces: Goodeidae). *BIOCYT* 4 (13): 215-228.

Cruz-Gómez, A., A. C. Rodríguez-Varela y H. Vázquez-López. 2013. Reproductive aspects of yellow fish *Girardinichthys multiradiatus* (Meek, 1904) (Pisces: Goodeidae) in the Huapango Reservoir, State of Mexico, Mexico. *American Journal of Life Sciences*, 1(5): 189-194

CONAP. <http://chichinautzin.conanp.gob.mx/especies/mexcalpique.htm>  
[Consultado: 9 septiembre 2011].

De la Cruz, R. G. 2010. Características tróficas de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) del embalse Ignacio Ramírez, Estado de México. Tesis Profesional Biología, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, México, 191 p.

De la Vega, S. M. Y. 2003. Situación de los peces dulceacuícolas en México. *Ciencias*. México. 72: 22-23.

Díaz-Pardo, E. y D. Ortiz-Jiménez. 1986. Reproducción y ontogenia de *Girardinichthys viviparus* (Pisces: Goodeidae). *Revista de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*. México. 30: 45-66.

Domínguez-Domínguez, O. y G. Pérez-Ponce de León. 2007. Los goodeidos, peces endémicos del centro de México. *CONABIO. Biodiversitas*. 75:12-15.

Flores, M. I. 2007. Aspectos tróficos de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) pez endémico del altiplano mexicano en el embalse Villa Victoria, Estado de México. Tesis Profesional. Facultad de Estudios Superiores Iztacala Univ. Nal. Autón. México, 107 p.

García B. D. 2001. *Evaluación del crecimiento y reproducción de tres especies de poecílidos (Poecilia reticulata, P. sphenops y Xiphophorus helleri) en estanquerías del Lago de Xochimilco como una alternativa para su explotación en la zona*. Tesis Profesional, Facultad de Estudios Superiores, Iztacala. Univ. Nal. Autón. México, 75 p.

Gómez-Márquez, J. L., J. L. Guzmán-Santiago y A. Olvera-Soto. 1999. Reproducción y crecimiento de *Heterandria bimaculata* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) en la Laguna "El Rodeo", Morelos, México. *Rev. Biol. Trop.* 47(3): 581-592.

García, M. D. 2006. Características tróficas de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) en el embalse Ignacio Ramírez, Estado de México. Durante otoño e invierno. Tesis Profesional. Facultad de Estudios Superiores Iztacala Univ. Nal. Autón. México, 69 p.

- García-Trejo, F., S. L. Hurtado-González, G. Soto-Zarazúa, O. Alatorre-Jacome, E. Rico-García y P. J. Gutiérrez-Yurrita. 2013. Ecophysiological responses to the effect of annual management on an endemic viviparous fish in central plateau of México. *Neotropical Ichthyology*. 11 (1): 117-123.
- Hernández-Trejo, L. y L. Waldo-Onofre. 2008. La sustentabilidad en la Marquesa como alternativa de desarrollo turístico. UAEMEX (Universidad Autónoma del Estado de México). <<http://www.uaemex.mx/plin/psus/rev6/e03.html>> [Consultado, 14 septiembre 2011].
- Holden, M. J. y D. F. S. Raitt 1975. Manual de Ciencia Pesquera Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación. FAO Doc. Tec. Pesca (115) Rev. 1:211 p.
- INEGI, 1974. Carta Topográfica. Hoja Toluca. Escala. 1: 50,000. E-14-A-38. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- INEGI, 1983. Carta Climática. Hoja México. Escala 1: 1000000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- INEGI, 1986. Carta Uso del Suelo y Vegetación. Hoja Ciudad de México. E14-2. Escala 1: 250000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- INEGI, 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Ocoyoacac, México. Clave geoestadística 15062.
- Lagler, K. F., Bardach J. E., Miller R. R. y May Passino D. R. 1984. *Ictiología*. AGT Editor, México. 489 p.
- Macías, G. C. 1994. Social behavior and operational sex ratios in the viviparous fish *Girardinichthys multiradiatus*. *Copeia*. 4: 919-925.
- Macías-García, C. y T. Perera. 2002. Ultraviolet-based female preferences in a viviparous fish. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 52 (1): 1-6.
- Macías-García, C. y E. Saborío. 2004. Sperm competition in a viviparous fish. Kluwer Academic Publishers. *Environmental Biology of Fishes*. 70 (3): 211-217.
- Mendiola G. E. 2003. *Efecto del citrato de clomifeno sobre la fecundidad en Poecilia reticulata*. Tesis Profesional, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Univ. Nal. Autón. México, 52 p.

- Mendoza, J. 2005. Madurez sexual y potencial reproductivo del pez amarillo *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) en un ciclo anual. Tesis Profesional. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Univ. Nal. Autón. México, 49 p.
- Miller, R. R., W. L. Minckley y S. M. Norris. 2005. Freshwater fishes of México. The University of Chicago Press, U.S.A. 490 p.
- Navarrete-Salgado, N. A., B. E Cedillo-Díaz, G. Contreras-Rivero y G. Elías-Fernandez. 2007. Crecimiento, reproducción y supervivencia de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces, Goodeidae) en el embalse San Miguel Arco, Estado de México. *Revista Chapingo Series Forestales y Ambiente*. 13 (1): 15-21.
- Nikolsky, J. G V. 1963. The Ecology of Fishes. Academic Press Journal, London. 352 p.
- Quintanar, S. N. A.. 2000. Efecto producido en el crecimiento individual por la adición de un complemento vitamínico en tres especies de peces de ornato. Tesis Profesional, Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Iztacala, Univ. Nal. Autón. México. 68 p.
- Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Departament of the Environment Fisheries and Marine Service, *Bulletin Fish*. 191, 382 p.
- Rivas, L. I. A. 2004. Mantenimiento de *Girardinichthys multiradiatus* (Goodeidae) del embalse La Goleta San José Deguedo Estado de México en condiciones de laboratorio. Tesis Profesional. Facultad de estudios Superiores Iztacala, Univ. Nal. Autón. México, 72 p.
- Rodríguez, G. M. 1992. Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en peces. AGT Editor S. A. México, DF. 3-13 p.
- Saborido, F. 2008. Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. Universidad de Vigo. España. 71 p.
- Schoenherr, A. A. 1977. Density dependent and density independent regulation of reproduction in the gila topminnow, *Poeciliopsis occidentalis* (Baird and Girard). *Ecology* 58: 438-444.
- Snelson, F. F. Jr., 1989. Social and Enviromental control of Life History traits in Poeciliid. *In*: Meffe, G. K. and F. F. Snelson Jr. (Eds), Ecology and evolution of livebearing fishes (Poeciliidae). Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 149-161 p.

- Trujillo-Jiménez, P. y E. V. M. Espinosa. 2006. La ecología alimentaria del pez endémico *Girardinichthys multiradiatus* (Cyprinodontiformes: Goodeidae), en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México. *Revista Biología Tropical*. 54 (4): 1247-1255.
- Turner. 1933. Viviparity, superimposed upon ovo-viviparity in the Goodeidae. A family of Cyprinodont teleost fishes of the Mexican Plateau. *J. Morphology*. 55 (2): 207-251.
- Uribe-Aranzábal, M., G. De la Rosa-Cruz, S.M. Guerrero-Estévez, A. García-Alarcón y M.E. Aguilar-Morales. 2004. Estructura del ovario de teleósteos vivíparos. Gestación intraovárica: Intraluminal en *Ilyodon whitei* (Goodeidae), e intrafolicular en *Poecilopsis gracilis* (Poeciliidae). p 31-45. In: Lozano, V. M. L. y A. Contreras-Balderas. 2004. *Homenaje al Doctor Andrés Reséndez Medina. Un ictiólogo mexicano*. Universidad Autónoma Nuevo León. Monterrey. 319 p.
- Urriola, H. M., J. Cabrera y M. Protti. 2004. Fecundidad, fertilidad e índice gonadosomático de *Poecilia reticulata* (Pisces: Poeciliidae) en Hereida, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. 52 (4): 945-950.
- Villegas, P. I. R. 2005. *Efecto de la lecitina de soya sobre la reproducción del guppy (Poecilia reticulata)*. Tesis Profesional, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Univ. Nal. Autón. México, 70 p.
- Wootton, R. J. 1992. *Fish ecology*. Blackie and sond Ltd. Glasow London. 212 p.
- Zar, J. H. 1999. *Biostatistical Analysis* 4<sup>th</sup> Ed. Prentice Hall. New Yersey. 931 p.